



**INSTITUTO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE
PLANIFICACION ECONOMICA Y SOCIAL - ILPES**

**DIRECCION DE PROYECTOS Y PROGRAMACION
DE INVERSIONES**

**GUIA PARA LA PREPARACION, FORMULACION Y EVALUACION
DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACION RURAL**

DIRECCION DE PROYECTOS Y PROGRAMACION DE INVERSIONES

**Distr.
LIMITADA**

**LC/IP/L. 147
27 de abril de 1998**

ORIGINAL: ESPAÑOL

**GUIA PARA LA PREPARACION, FORMULACION Y EVALUACION
DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACION RURAL**

INDICE

Resumen	v
Prólogo	vii
Introducción.....	1
1. Antecedentes generales	5
1.1. Ruralidad y equidad en la Región	5
1.2. La electrificación en Latinoamérica y el Caribe.....	8
1.2.1. La electrificación rural dentro de la evolución del sector eléctrico.....	8
1.2.2. Efectos de la introducción de energía eléctrica en las zonas rurales	12
2. Aspectos generales de la evaluación de proyectos	17
2.1. Importancia de la identificación, preparación y evaluación de proyectos de electrificación rural.....	17
2.2. Ciclo de vida de los proyectos.....	21
3. Identificación del proyecto	27
3.1. Criterios para la identificación de proyectos de electrificación rural	27
3.1.1. Cantidad y concentración de la población.....	27
3.1.2. Nivel de pobreza.....	28
3.1.3. Actividades socioeconómicas.....	28
3.1.4. Nivel de aislamiento	29
3.2. Mecanismos de identificación	29
3.2.1. Estrategias o Programas Nacionales de Electrificación	30
3.2.2. Encuestas	30
3.2.3. Selección de información de grandes bases de datos	32

4.	Diagnóstico de la situación actual	35
4.1.	Definición del área de estudio	35
4.1.1	La red transmisión y distribución	36
4.1.2.	Límites político administrativos	36
4.1.3.	Límites por accidentes geográficos	36
4.1.4.	Caracterización del área de estudio	37
4.2.	Area de influencia del proyecto	37
4.3.	Análisis de demanda	39
4.3.1.	Demanda de energía sustituta	40
4.3.2.	Demanda de energía eléctrica	43
5.	Estudio de alternativas de solución	49
5.1.	Clasificación de las alternativas	49
5.1.1	Conexión a sistema generador	49
5.1.2.	Generación local de energía	50
5.1.3.	Grupos generadores convencionales	51
5.1.4.	Generación fotovoltaica	52
5.1.5.	Microcentrales hidroeléctricas	53
5.1.6.	Generación eólica	55
5.1.7.	Otras tecnologías	55
5.2.	Preselección de alternativas	56
6.	Evaluación del proyecto	59
6.1.	Marco teórico	59
6.1.1	Enfoque privado	59
6.1.2.	Enfoque social	60
6.2.	Cuantificación de beneficios	69
6.2.1	Beneficios privados	69
6.2.2.	Beneficios sociales	70

6.3. Cuantificación de costos.....	79
6.3.1. Costos privados	79
6.3.2. Costos sociales	80
6.4. Evaluación.....	81
6.4.1. Evaluación privada.....	84
6.4.2. Evaluación social.....	88
6.5. Selección de alternativas	91
6.6. Otras consideraciones.....	91
 ANEXO 1	 93

Resumen

El objetivo general de este documento es guiar el proceso de identificación, preparación y evaluación de proyectos de electrificación a nivel local, señalando la importancia de cada paso e ilustrando su aplicación.

Para lograr este objetivo, se ha realizado una separación de los temas específicos que contiene el objetivo general, dando origen a seis capítulos.

El primer capítulo "**Antecedentes generales**", entrega una visión global de la vida rural en latinoamérica, analizando las principales características de los asentamientos humanos que se encuentran en esta condición. Luego, se analiza la evolución del sector eléctrico en la región, resaltando los detalles relacionados con las zonas rurales. Finalmente, la última parte del capítulo, da cuenta de las formas de sustitución de la energía eléctrica que se utilizan en forma más frecuente en las zonas que no cuentan con este servicio y resume los efectos más importantes que se producen al dotarlas de energía eléctrica. La intención de este capítulo es entregar un dimensionamiento general del problema en la región, aún cuando el espíritu de este documento, no es abordarlo a ese nivel (en forma centralizada), sino más bien a nivel de municipios o localidades.

En el segundo capítulo denominado "**Aspectos generales de la evaluación de proyectos**", se resalta la importancia de llevar a cabo una buena identificación, preparación y evaluación de los proyectos de electrificación rural. Los argumentos presentados permiten concluir que en la medida que este proceso sea realizado en mejor forma, se estarán optimizando los recursos destinados a la electrificación y al mismo tiempo, se maximizará el bienestar de la sociedad. En la segunda parte del capítulo, se entrega un esquema que resume las etapas en las que se clasificarán los proyectos de acuerdo a su grado de madurez y certidumbre, desde que se inicia como una idea hasta los niveles en que todos los aspectos se encuentran con un nivel suficiente de detalle como para tomar la decisión de ejecutar o no el proyecto.

El tercer capítulo "**Identificación del proyecto**", expone el proceso y los criterios que pueden ser utilizados en la identificación de proyectos de electrificación rural, ilustrando algunos mecanismos o herramientas que facilitan este proceso. Además, se destaca la importancia de circunscribir el análisis dentro de las políticas y formas de organización que estén vigentes en el país.

El cuarto capítulo llamado "**Diagnóstico de la situación actual**", está orientado a la recopilación de todos los antecedentes que resultan determinantes para analizar las alternativas de proyectos que han sido identificados a través de los procesos descritos en el tercer capítulo. La primera etapa es la determinación del área específica en que nos interesa realizar el análisis y rescatar de dicha área las variables que la caracterizan, completando de esta forma el diagnóstico general. A continuación, se describen los pasos para efectuar un análisis de la demanda y la oferta, actual y esperada.

La siguiente etapa es la proposición del "**Estudio de alternativas de solución**" al problema, para lo cual, el capítulo 5, describe aquellas tecnologías que se utilizan con mayor frecuencia y se presentan las condiciones que requieren cada una de ellas para ser aplicada. Estos elementos nos permitirán hacer una preselección de alternativas, las que posteriormente se evaluarán desde una perspectiva económica y social.

Finalmente, el capítulo 6 "**Evaluación del proyecto**", describe los procedimientos para evaluar privada y socialmente las alternativas preseleccionadas. Se describirá el marco teórico de evaluación y la forma en que se cuantificarán los beneficios y costos involucrados en el proyecto. Todo esto nos permitirá decidir la alternativa más adecuada de implementar, considerando sus aspectos económicos y su contribución al bienestar social.

PROLOGO

La creación de externalidades, donde la rentabilidad social es mayor que la privada, constituye una de las áreas prioritarias de atención por parte del Estado. Se reconoce su responsabilidad social en campos como la salud, la educación, el suministro de agua potable y el saneamiento básico, donde la inversión pública registrará altas tasas de crecimiento y de impacto social. De igual manera, el suministro de electricidad rural cae dentro de este ámbito en razón del impulso a actividades productivas, la generación de empleo, la promoción de nuevas tecnologías, el fomento de la seguridad, la recreación y por encima de muchos otros factores, la protección del medio ambiente y los recursos naturales.

En virtud de los anteriores argumentos, el presente manual constituye una guía práctica que cubre todo el ciclo del proyecto con énfasis en las tareas de identificación y preparación. El análisis de alternativas permitirá comprender la importancia de incorporar todos aquellos factores que inciden en una correcta decisión tanto desde el punto de vista de la eficiencia como de la equidad. Su preparación estuvo a cargo del Consultor Luis Figueroa.

Edgar Ortégón
Director
Dirección de Proyectos y
Programación de Inversiones
ILPES

Introducción

Uno de los objetivos generales de una política de desarrollo, es lograr un crecimiento económico sostenido en el tiempo; para esto es indispensable destinar una cantidad significativa de recursos a inversión.

La teoría económica prevaleciente hasta hace algunos decenios, sostenía que el crecimiento económico de un país se fundamentaba en el aumento de la inversión total, es decir, el crecimiento dependía del monto de recursos destinados a aumentar el stock de capital. Este esquema exigía grandes sacrificios a la comunidad, al requerir aumentos importantes del ahorro provenientes tanto de fuentes internas como externas. Las nuevas teorías económicas del crecimiento, incorporan otras variables para explicar este fenómeno, entre las que destacan principalmente, la rentabilidad de las inversiones (proyectos), el incremento de la fuerza laboral empleada productivamente y de una serie de factores difíciles de cuantificar, tales como, el desarrollo tecnológico y la acumulación de capital humano.

La mayor importancia de los modelos recientes es que admiten la posibilidad de acelerar el desarrollo económico de un país, mediante la asignación de los escasos recursos de inversión disponibles hacia los proyectos económica y socialmente más rentables.

El desarrollo - entendido como el proceso de incrementar en forma constante y sostenida el nivel de vida de las personas - debe ser integral, es decir, debe incorporar todos los ámbitos y sectores de una nación, en favor de lograr una equitativa distribución de los esfuerzos de inversión y sus beneficios.

De esta forma, el desafío de alcanzar un desarrollo integral con equidad exige que se incorporen las áreas rurales al progreso socioeconómico de la sociedad, dejando atrás aquellas ideas que fomentaban los fenómenos de urbanización e industrialización como motores del progreso social. La utilización de este último enfoque propició el crecimiento de las ciudades y el predominio cuantitativo de la población urbana, agudizando la brecha de los niveles de vida entre los sectores urbanos y rurales. Del mismo modo, aquellos que emigraron a las ciudades sin lograr integrarse a las nuevas actividades formaron grupos caracterizados por agudos problemas de pobreza.

Lograr revertir este proceso de continuo deterioro en la calidad de vida rural, es una de las tareas más urgentes en los países latinoamericanos, tanto por la naturaleza y profundidad de los problemas que afectan a este medio, como por el enorme potencial de progreso que ofrece.

Por lo tanto, es necesario destinar esfuerzos principalmente en dos sentidos:

- Dotar de todos los servicios básicos a las comunidades para asegurar un nivel de vida aceptable.
- Entregar las herramientas que logren impulsar actividades productivas que, a su vez, tengan un impacto significativo en los niveles de ingreso de la población, abandonando aquellas alternativas que sólo permiten la subsistencia.

Sin duda, uno de los servicios que tiene mayor incidencia en los dos aspectos mencionados anteriormente es la energía eléctrica. La experiencia indica que la electricidad afecta en forma positiva las actividades domésticas de las personas, fundamentalmente entretención e iluminación. Asimismo, la disponibilidad de energía eléctrica posibilita el desarrollo de actividades productivas de mayor rentabilidad, permite la introducción de nuevas tecnologías y facilita las condiciones para invertir en aquellas localidades que cuentan con este suministro.

Por otra parte, existen innumerables beneficios adicionales a los mencionados y que son percibidos por las comunidades como resultado de la disponibilidad de energía eléctrica. Entre los más importantes podemos mencionar la seguridad, ya que el uso de este tipo de energía reduce la tasa de accidentes que se producen por la utilización de otras fuentes de energía. Además, se reduce el daño al medio ambiente al sustituir el consumo de fuentes energéticas naturales como la leña y, al mismo tiempo, disminuir la contaminación, ya que la electricidad es un medio energético limpio, que no genera residuos al momento de su utilización. Otros efectos que resultan de importancia son aquellos que se logran sobre la comunidad en su conjunto, ya que al existir energía en espacios públicos se facilita y se extienden las actividades sociales. Las localidades se transforman en centros de convivencia de aquellas comunidades más cercanas que aún no cuentan con este servicio, generando en algunas oportunidades condiciones favorables para el aumento de la población.

Por todas las razones mencionadas, la electrificación se torna en un fin deseable y un objetivo que el Estado debe promover, invirtiendo recursos, principalmente en aquellos proyectos que no resultan rentables para los inversionistas privados, pero que son rentables socialmente. Sin embargo, en economías en la que los recursos son muy escasos y no es posible lograr una cobertura total en un tiempo reducido, es necesario identificar y ejecutar en forma prioritaria aquellos proyectos de electrificación que presentan una mayor rentabilidad social, es decir aquellos que logran un mayor impacto en el bienestar de la población.

Para lograr este objetivo, es necesario contar con una herramienta que permita identificar los proyectos, formularlos y, finalmente, evaluar la rentabilidad social que entregará su ejecución. De esta forma estaremos contribuyendo a la utilización eficiente de los recursos destinados a inversión y a maximizar el bienestar social.

En este documento se propone un esquema de trabajo que parte por la identificación de los proyectos de electrificación. El segundo paso, en términos generales, es la preparación de los proyectos identificados, en base a todas las variables relevantes que lo afectan. Por último, se entregan las herramientas para la evaluación y determinación de la rentabilidad social y privada de los proyectos de electrificación rural a través de un enfoque que contrasta costos y beneficios derivados de la ejecución de los proyectos (enfoque Costo-Beneficio).

1. Antecedentes generales

Este capítulo describe en términos generales la situación de los asentamientos rurales en América Latina, y cómo los proyectos de electrificación rural impactan en este sector, superando en parte la inequidad respecto del sector urbano. La intención es entregar un dimensionamiento general del problema, aún cuando no se plantea abordarlo a niveles centralizados, sino que a través de los municipios o localidades.

1.1 Ruralidad y equidad en la Región

El enfoque dado al proceso de desarrollo socioeconómico en los países de Latinoamérica a partir de la década de los años 40, abrió paso a un nuevo estilo de crecimiento denominado "hacia adentro"¹, en el cual se favoreció la concentración urbana y la industrialización, basando el desarrollo en la expansión de la producción orientada al mercado interno. Esto significó una serie de transformaciones en América Latina, entre las cuales se destaca la creciente concentración de la población en centros urbanos. En la mayoría de los países del área, la población urbana aumentó en el transcurso de las últimas décadas a tasas que duplicaban el crecimiento anual en los espacios rurales, pasando de un 22% de población urbana en 1920 al 63% en el año 1980. El resultado fue que de 13 millones de personas que vivían en localidades de más de 20.000 habitantes en los años 20, en 1980 éstas superaron los 163 millones².

De esta forma, la persistencia de la concentración de la población en unos pocos centros que han alcanzado altas densidades demográficas, está asociado al modelo denominado por FAO en 1988 como de "Impacto Urbano", esto es que el estilo de crecimiento ha originado un desigual desarrollo de los diversos sectores en las sociedades y espacios de la región, priorizando la localización de actividades económicas en uno o unos pocos puntos del espacio urbano, a través de la estrategia de transformación de los excedentes del sector agropecuario hacia el industrial.³

Uno de los sectores poblacionales más afectados por las transformaciones socioeconómicas que han ocurrido en los países de la región, ha sido la población rural. Esta comprende hoy los sectores con mayor postergación de las sociedades latinoamericanas, derivando en una creciente situación de inequidad. Se estima que el número de pobres rurales, pasaron de los 65 millones, detectados en 1970, a 79,5 millones de

¹ CEPAL: "Las transformaciones rurales en América Latina" 1979.

² CEPAL: "Las transformaciones rurales en América Latina" 1979.

³ F. Jordán: "La Economía Campesina: crisis, reactivación y desarrollo" 1989.

personas en 1990, de este total, 48 millones vivían en la indigencia⁴. Por otro lado, las tasas de pobreza rural duplican a las observadas en el sector urbano, alcanzando a un 57% y un 26% respectivamente.

Los cambios del medio rural, se han reflejado principalmente en los siguientes aspectos:

i) Cambios en la estructura de la población económicamente activa.

Aunque el crecimiento promedio de la población rural ha venido disminuyendo durante las últimas tres décadas, su estructura por edad se ha modificado drásticamente como resultado de la disminución de la tasa de mortalidad infantil, con un incremento relativo mayor de los grupos más jóvenes de la población, como resultado se ha generando un aumento significativo de la población económicamente activa, disponible para incorporarse al mercado de trabajo, lo que contrasta con la evolución de las oportunidades de obtenerlo.

Lo anterior ha motivado grandes movimientos de la población rural hacia los centros urbanos, provocando también modificaciones en la estructura ocupacional de la fuerza de trabajo, observándose una disminución en la importancia relativa de las ocupaciones agrícolas. Es así como en 1950 el 54% de la fuerza de trabajo era agrícola, en los años ochenta ésta se redujo a menos del 30%. Cuatro grandes procesos son indicadores de los cambios en la estructura de empleo agrícola y rural:

- a) La transferencia masiva de fuerza de trabajo desde el sector agrícola a otros sectores de la economía;
- b) el cambio de la importancia relativa de los trabajadores por cuenta propia, así como de los asalariados;
- c) sustitución de los trabajadores permanentes por temporales y;
- d) el incremento de la importancia de las ocupaciones rurales no agrícolas.

ii) Diferencias en ocupación e ingreso.

El crecimiento de la fuerza de trabajo fue sensiblemente menor en las zonas rurales que en las urbanas, entre 1950 y 1975, a lo que se agrega que el ingreso de la población rural es considerablemente inferior al de la población urbana.

⁴ Feres y León: "Magnitud de la situación de pobreza en América Latina" 1990.

Así por ejemplo, los ingresos totales medios del 40% más pobre en las áreas rurales son quintuplicados por sus iguales de las zonas metropolitanas.

iii) Acceso a servicios básicos.

En el medio rural durante los últimos decenios no sólo se han reducido la expectativas de ocupación y salarios, sino que además los sistemas de seguridad social, de salud y educación presentan una contracción, lo que significa que el nivel de bienestar derivado del acceso a los servicios es menor que en el medio urbano. La obtención de un nivel similar de bienestar es mucho más costoso para el Estado, si se trata de un habitante rural.

En la educación, la postergación rural ha sido tradicional en la región. Los niveles de analfabetismo son mayores que en los centros urbanos. A esta situación se agrega que la eficiencia de la tarea docente se ve afectada por la deserción escolar muy temprana, la que alcanza muchas veces cifras superiores al 50%.

En relación a la salud, en los últimos 25 años todos los países de la región muestran avances importantes en esta materia, en cuanto al mejoramiento de las condiciones sanitarias y aumento de las prestaciones médicas. Pero este avance no se ha dado por igual en el medio urbano y rural. Si analizamos las medidas adoptadas en materia de salud y salubridad, veremos que los logros en el medio rural están vinculados a acciones orientadas a la población en general. En cambio, en el medio urbano las acciones se enmarcan en categorías específicas de la población (lactantes, madres, etc.). Respecto a la alimentación y nutrición, las áreas rurales presentan mayores deficiencias de calorías que las zonas urbanas⁵.

Naturalmente la electrificación representa un servicio básico indispensable. No obstante, aún es considerable el déficit de electrificación existente en la región.

Toda esta situación deja en claro que la población rural ha sido postergada y no ha contado con las mismas oportunidades que la de centros urbanos. Por tal motivo, y contemplando la importancia de la equidad en el desarrollo de las economías en la región, es que se debe otorgar una atención especial a las familias residentes en zonas rurales. La entrega de servicios básicos como la energía eléctrica es una forma de hacerlo.

⁵ CEPAL: "Las transformaciones rurales en América Latina" 1979.

1.2 La electrificación rural en Latinoamérica y el Caribe

1.2.1 La electrificación rural dentro de la evolución del sector eléctrico

La llegada de la electricidad a los países de la región, se vio motivada por el interés de las crecientes urbes de satisfacer sus necesidades de alumbrado y promoción del desarrollo industrial. Esto implicó que se crearán una serie de compañías, la mayor parte de ellas con capitales provenientes de Europa y Norteamérica (Canadá y EE.UU), que entregaban servicios de alumbrado público en las zonas de mayor población y abastecimiento de energía a empresas importantes, principalmente en el sector minero.

De esta manera se llegó a tener un importante número de empresas eléctricas que, con una mentalidad de negocio, acudían a las ciudades más pujantes y de mayor potencial de desarrollo. Este incipiente sector eléctrico se fue ampliando con el tiempo, al pasar las distintas comunidades y municipios a crear otras unidades, a reorganizar las existentes y tratar de inyectarles recursos a fin de aumentar su cobertura.

Sin embargo, y dada la importancia que pasó a tener el abastecimiento energético para la creación y desarrollo de nuevas industrias y la creciente demanda de alumbrado público - ambas necesidades sin un responsable particular y único, y sin un precio claramente calculable (por la difícil cuantificación de sus beneficios) - el Estado, en la mayoría de los países, pasó a tener un rol protagónico más fuerte en la creación y operación de las compañías eléctricas.

Este protagonismo se debió principalmente a:

- la necesidad de estandarizar los aspectos técnicos de las instalaciones y tendidos a fin de permitir la interconexión futura.
- asumir un criterio de servicio público más que de negocio en la satisfacción de la demanda.
- la exigencia que iba imponiendo la comunidad, de asegurar el suministro en el futuro, lo que requería de una planificación de largo plazo.

Ya con la fuerte participación estatal, el sector continuó su desarrollo con grandes proyectos de generación que siguieron orientándose hacia las zonas industriales y de mayor población, que era donde había una presión mayor de parte de la comunidad para que le fuera dado el servicio, y donde se obtenían los mayores retornos a las inversiones realizadas

La evolución de la economía hacia los centros urbanos y el consecuente desamparo de las zonas rurales que se planteó en la sección anterior, tuvo los mismos efectos en el crecimiento de las capacidades de

generación eléctrica de los países, las cuales fueron dirigidas hacia las zonas de mayor concentración de población.

Sólo a partir de la década de los 60 los distintos países comienzan a incorporar el tema de la electrificación rural en sus estrategias de desarrollo y planes políticos. En el apartado 1 se describen en términos gruesos las acciones específicas que emprendieron Bolivia y Argentina en relación a la Electrificación Rural.

APARTADO 1

Electrificación rural en Bolivia

El desigual servicio eléctrico en el país, la falta de control y las limitaciones en el suministro registrado hasta mediados de la década del sesenta, determinaron que el gobierno encarará un plan de ordenamiento del sector eléctrico que diera solución a los problemas anotados y permitiera la planificación de la entrega del servicio a la totalidad de la población. Por tal motivo se dispuso, entre otros puntos, la conformación del Instituto Nacional de Electrificación Rural, INER, entidad dependiente del Ministerio de Energía e Hidrocarburos, responsable de proveer electricidad al área rural aislada y a pequeñas poblaciones. Con dichas disposiciones se dieron los primeros pasos para ejecutar un plan de electrificación del país.

En Santa Cruz se construyó una planta de generación con grupos diesel y a gas, para cubrir la demanda de la ciudad y el área rural circunvecina. Así también, se organizó la Cooperativa Rural de Electrificación (CRE), que desarrolló un amplio programa de expansión en Santa Cruz, lo que determinó que esta zona fuera por muchos años, la de mayor crecimiento del país: 24% anual en la década del 70. A mediados de la década del 70, se dio otro paso significativo en el desarrollo del sector eléctrico, la Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima (ENDE), cuyo mayor accionista era el Estado, procedió a interconectar los principales sistemas eléctricos del país en el Sur y Norte. Se ejecutó además un amplio programa de electrificación rural en siete departamentos del país. Todo ello con apoyo financiero del BID, Banco Mundial, USAID y otras entidades financieras internacionales.

Electrificación rural en Argentina

La electrificación rural empezó a ejecutarse, en forma masiva y ordenada, con la puesta en marcha del Plan Nacional de Electrificación Rural en el año 1969. Ese plan consistió en la disposición de un fondo prestable para realizar obras destinadas a suministrar energía eléctrica en predios rurales. Cuando comenzó el plan, existían en el país unos 500 mil establecimientos agropecuarios, de los cuales contaban con suministro de energía eléctrica solamente a alrededor de 10 mil, es decir, apenas el 2% estaba conectado a las líneas eléctricas de alimentación. Paralelamente, el esfuerzo privado era canalizado casi exclusivamente a través de cooperativas agropecuarias, creadas para tal efecto. Finalizadas las tres etapas que abarcó el Plan Nacional, que contó con financiamiento conjunto de recursos provistos por el BID, el Banco de la Nación Argentina, la Secretaría de Energía y los propios usuarios, se continuó la electrificación, principalmente con financiamiento de la Secretaría de Energía, aplicando recursos del Fondo Especial de Desarrollo Eléctrico del Interior (FEDEI) y en menor parte, con recursos cooperativos y algunos fondos provinciales. En 1980, según el Censo Nacional de Población y Vivienda, el 44,4% de las viviendas rurales contaban con electricidad proveniente de una red de servicio público, lo que demuestra la efectividad del conjunto de los esfuerzos mencionados. En 1989, se estimaba que no menos del 55% de las viviendas rurales del país estaban electrificadas.

El uso principal que tiene la energía eléctrica en el ámbito rural es domiciliario, colaborando así, al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores. No obstante, se halla en franca expansión el uso para mejorar el volumen y calidad de la producción rural, mediante la tecnificación de tambos, aserraderos, secaderos, plantas de bombeo, riego por aspersión o goteo. Mediante la aplicación de tipos constructivos económicos, como el retorno por tierra y los conductores de acero, se logrará extender rápidamente las líneas, cubriendo gran parte de las zonas rurales que aún no cuentan con servicio público de electricidad.

(Fuente: "25 Años Comisión de Integración Eléctrica Regional CIER Uruguay 1989)

En las últimas décadas el sector eléctrico en la región ha experimentado un crecimiento importante. Las estadísticas señalan que a 1970, se tenía un 40% de la población con electricidad y que a fines de los 80, el nivel de cobertura de la electrificación, alcanzó al 70%. En el cuadro 1 se entregan niveles de cobertura total de algunos países de la región y en el cuadro 2, datos específicos de electrificación urbana y rural en Chile y Ecuador.

Las ventas de energía han subido significativamente, lo mismo que la capacidad de generación. Sin embargo, y tal como destacáramos anteriormente estos aumentos se han dirigido básicamente a los centros urbanos. Una característica de la población rural es un relativo bajo consumo de electricidad, ya que cuenta con otras alternativas energéticas más económicas para necesidades como cocción de alimentos o calefacción (la leña por ejemplo). Por otro lado, el hecho de que la mayor parte de la población rural esté en una situación de pobreza, incide en que las cantidades a consumir de electricidad sean bajas respecto de los consumidores de zonas urbanas (en general menos de 100 kwh-mes). Las ventas de energía con consumos bajo los 100 kwh-mes, representan sólo entre un 5% y un 10% de las ventas totales consolidadas del sector en las últimas dos décadas. Esto nos revela que las zonas rurales no son atractivas para los inversionistas privados, ya que presentan baja rentabilidad.

Cuadro 1

**Niveles de electrificación alcanzados por los países Latinoamericanos que integran
La Cier. año 1987 (Suministradores de Servicio Público)**

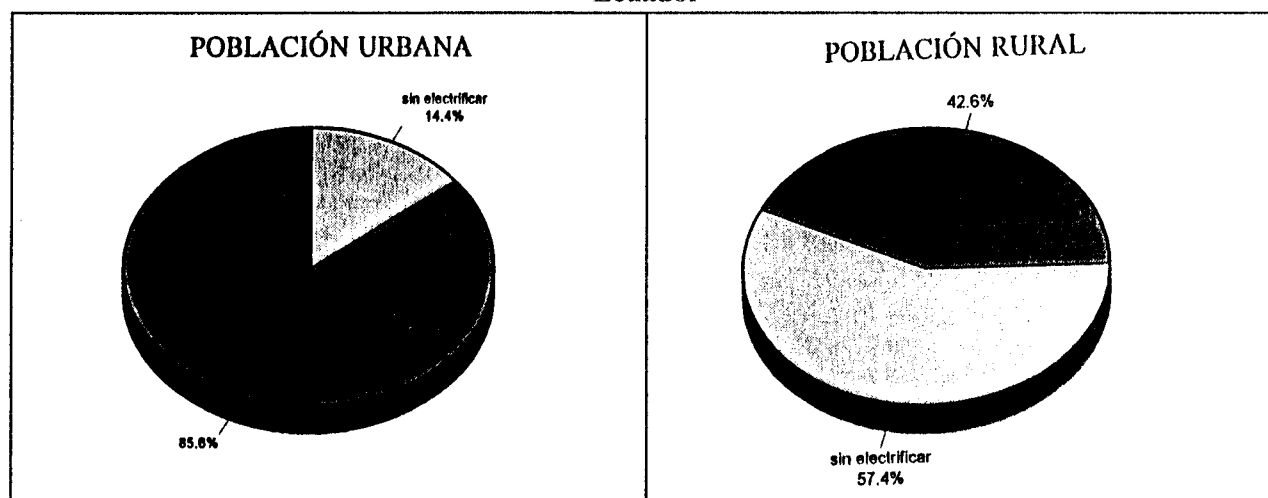
País	Población Total miles habitantes	Cientes Serv. Pub. miles habitantes	Pob. Serv. Serv. Pub. miles habitantes	Población Electrif. %	Viviendas Totales miles	Viv. Elect. Ser. Pub. miles	% Electrifi.
Argentina	31.497	8.676	28.500	90,5	8.700	8.150	93,7
Bolivia	6.735	398	2.070	30,7	1.200	370	30,8
Brasil	142.940	27.191	115.240	80,6	33.350	23.048	69,1
Colombia	29.192	4.275	17.426	59,7	6.198	5.130	82,8
Chile	12.536	2.258	9.728	77,6	2.709	2.101	77,6
Ecuador	9.923	1.160	6.341	63,9	1.941	1.296	66,8
Paraguay	3.922	321	1.320	33,8	754	254	33,7
Perú	20.727	1.613	8.065	38,9	4.145	1.613	38,9
Uruguay	2.976	920	2.583	86,8	1.000	870	87,0
Venezuela	18.272	2.985	15.174	83,0	3.206	2.662	83,0

Comisión de Integración Eléctrica Regional (CIER. Uruguay 1989)

Cuadro 2

Electrificación Urbana y Rural - Ecuador y Chile

Ecuador

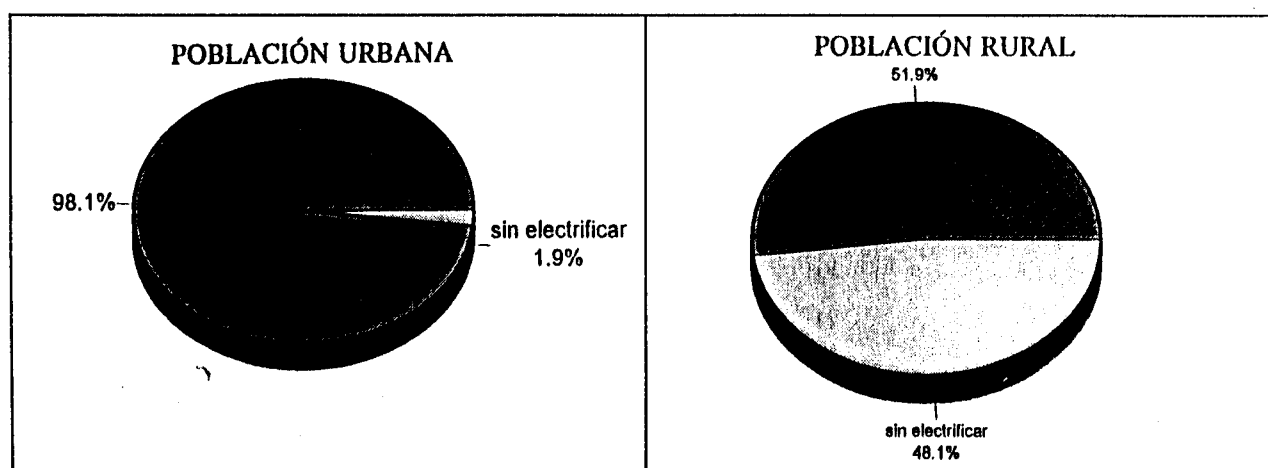


Pob. Urbana : 5.455.000
 Pob. Electrificada : 4.670.000

Pob. Rural : 4.748.000
 Pob. Electrificada : 2.023.000

Fuente: Comisión de Integración Eléctrica Regional - 25 Años - 1991.

Chile



Pob. Urbana : 11.114.715
 Pob. Electrificada : 10.901.050

Pob. Rural : 2.117.088
 Pob. Electrificada : 1.098.767

Fuente: Comisión Nacional de Energía.

Es necesario destacar que el crecimiento del sector eléctrico no se ha logrado a un costo despreciable, sino que por el contrario, ha arrastrado varios problemas, que van de lo técnico -como la acumulación de los problemas derivados de la mala mantención de los sistemas eléctricos- a lo económico institucional, como el hecho de que las tarifas, hace algunos años atrás, presentaron un comportamiento decreciente en términos reales. Esto último se produjo, básicamente, por la alta inflación que afectó a la región en la década de los 80, lo que influyó para que los gobiernos no tomarán la decisión de reajustar los precios de los servicios básicos (electricidad, agua potable) produciéndose un creciente desfinanciamiento de las compañías proveedoras, que llevó a que el sector iniciara los años 90 con una gran crisis financiera, acumulando una deuda externa histórica, que bordeó el 10% de la deuda externa de la región.

Una forma de superar esta crisis ha sido la introducción de modificaciones de peso en la estructura legal e institucional del sector, posibilitando distintos grados de participación del sector privado, a fin de inyectar nuevos recursos y aumentar los niveles de eficiencia en el manejo de las unidades de generación y sistemas de transmisión y distribución. Países como Argentina, Chile, Costa Rica, Jamaica y República Dominicana, entre otros, han dado pasos significativos en este sentido, previéndose por lo tanto, un cambio en la estructura del sector en el futuro.

No obstante que la evolución del sector y los cambios implementados tienen un balance positivo, el tema de la electrificación rural debe ser tomado en cuenta en las eventuales modificaciones institucionales y/o legales que se propongan. De esta forma se evitará aumentar las desigualdades en la población de la región.

Desde este punto de vista, se debe fortalecer el papel de los municipios y del Estado y, al mismo tiempo, motivar la participación de los inversionistas privados en las zonas rurales.

1.2.2 Efectos de la introducción de energía eléctrica en las zonas rurales

Una forma de comprender la importancia que llega a tener para la población rural la posibilidad de contar con energía eléctrica, es describiendo los efectos que ha tenido en las zonas rurales en que se ha implementado. Muchos estudios han detectado que esta gente, en una mirada retrospectiva, ve la llegada de la electricidad como un punto de cambio en sus vidas. Ellos sienten que este servicio les abre las puertas al mundo externo.

La iluminación es, generalmente, una de las primeras aplicaciones de la electricidad en aquellas localidades alejadas de centros urbanos. Esto significa un cambio radical, ya que permite extender las actividades diarias de la gente, a horas de la tarde y la noche. Algunas de las actividades que se fortalecen son el aprendizaje y la lectura, lo que incide de manera importante en la educación de los niños que habitan en estos lugares. De hecho, se ha detectado que la electrificación es uno de los servicios que favorece la disminución del analfabetismo en los pueblos y aldeas rurales.

Otra de las aplicaciones que puede tener incidencia en factores educacionales es la introducción de la televisión. En realidad, el efecto de la televisión puede ser positivo, como en el caso de la India, donde se utilizó la televisión como medio para hacer llegar a la población que vivía en áreas remotas un programa educativo y de prevención. Pero también existen antecedentes de que la televisión lleva a los jóvenes de estas zonas, los llamados "embrujo de la ciudad", favoreciendo la migración, efecto que no es deseable. A pesar de esto, naturalmente la televisión es otra de las aplicaciones relevantes de la electricidad en las áreas rurales, tal como lo muestra el cuadro 3, donde se entrega el porcentaje de población rural de Costa Rica y Colombia que utiliza las distintas aplicaciones detectadas.

Cuadro 3
Aplicaciones de Electricidad en Hogares Rurales de Costa Rica y Colombia

% de Hogares que usan la Aplicación		
Aplicación	Costa Rica	Colombia
Luces (iluminación)	100	95
Planchas	57	73
Televisores	54	39
Radios	52	79
Refrigeradores	42	19
Licuadoras	39	32
Máquinas de lavar	31	--
Hornos eléctricos	21	91
Máquinas de coser	3	26
Ventiladores	--	7
Tomado de encuesta a hogares en "Rural Electrification in Costa Rica" De Dandy Girer y "Rural Electrification in Colombia" De Eduardo Velez.		
Extraído de "Electricity for a Developing World: New Directions" Christopher Flavin.		

La utilización de las planchas eléctricas, es otro uso que presenta un alto grado de aplicación, así como también, aquellos aparatos eléctricos que demandan bajos consumos de energía. Efectivamente, tal como se destacó anteriormente, la población rural tendrá principalmente consumos eléctricos residenciales y estos posiblemente no serán intensivos en aparatos como lavadoras eléctricas, refrigeradores o cocinas eléctricas. Sin embargo, esto no significa que no pueda llegar a utilizarse en otras aplicaciones de carácter más industrial o comercial.

Un objetivo adicional de la electrificación, es imprimir un mayor dinamismo a la actividad económica de la población, a través de la introducción de nuevas actividades y logrando mayor eficiencia en las que ya existen.

"El real potencial de la electricidad no descansa en proveer agrado social sino en estimular, en su sentido más amplio, el desarrollo económico⁶". Por lo tanto, se debe tener presente que existen varias actividades en los distintos sectores que se ven fortalecidas con la instalación de electricidad. Las aplicaciones específicas y el impacto que pueda tener la electricidad en el desarrollo de una localidad o región rural dependerá de las características de la población y del resto de inversiones de infraestructura que se emprendan. Lo importante es tener en cuenta que este es un servicio básico para poder implementar, promover y desarrollar actividades económicas que otorguen a la población rural igualdad de condiciones a la población urbana.

Algunas aplicaciones de la electricidad no tienen buenos sustitutos, como la iluminación de alta calidad, la televisión, la computación y las telecomunicaciones. No obstante, la gente que habita en pueblos y aldeas rurales busca la forma de satisfacer sus necesidades principales de iluminación, entretención y otras posibles de llevar a efecto con otras formas de energía como el kerosene, las velas, baterías u otras. A estas formas de energía que de una u otra forma sustituyen a la energía eléctrica se le denominará en adelante "energía sustituta".

Esta no es una forma de energía organizadamente implementada, sino que son los mecanismos más fáciles y económicos que encuentra la gente para alcanzar niveles básicos de vida ante la ausencia de servicio eléctrico.

⁶ Electricity for a Developing World : New Directions.

Debe destacarse que las familias gastan una parte importante de su ingreso en esta energía sustituta, con la cual no reciben las mismas condiciones de calidad, eficiencia y seguridad que con la electricidad. Las diferencias de calidad pueden notarse claramente al pensar en la iluminación eléctrica y la que puede obtenerse de velas o lámparas a parafina. En cuanto a la eficiencia en la iluminación y en cualquier necesidad de fuerza motriz se tendrá que las luminarias y los motores eléctricos logran un mejor resultado y a más bajo costo.

La seguridad es otro factor importantísimo de destacar, los ejemplos de desastres provocados por el uso de fuego al interior de los hogares con el propósito de iluminarse y calefaccionarse son numerosos. Difícil será que la calefacción sea provista por energía eléctrica en caso que ésta este disponible en los hogares rurales, pero al reemplazar la iluminación con fuentes eléctricas, se reduce en gran forma el riesgo. Esto hace resaltar el hecho de que esta "energía sustituta" esta muy por debajo de satisfacer las necesidades al nivel que la energía eléctrica lo hace.

2. Aspectos generales de la evaluación de proyectos

Este capítulo destaca la importancia de realizar en buena forma, el proceso de identificación, preparación y evaluación del proyecto, destacando las principales etapas que se deben llevar a cabo. Del mismo modo, describe lo que llamaremos “ciclo de vida”, que comprende desde que el proyecto se inicia en forma de idea, hasta el momento en que éste se ejecuta y entra en operación.

2.1 Importancia de la identificación, preparación y evaluación de proyectos de electrificación rural

De acuerdo a lo expuesto en el capítulo 1, la situación de la población rural es claramente deficitaria en términos de dotación de servicios básicos y con un grado de pobreza tal, que deja ver claramente la falta de equidad de este sector respecto de la población urbana. Además, se analizó la evolución y el desarrollo del sector eléctrico en la región, su orientación hacia las grandes zonas de consumo y desarrollo industrial, así como la importancia que reviste la dotación de energía eléctrica para las zonas alejadas de este desarrollo. Se puntualizó que la dotación del suministro a los hogares rurales tiene un gran valor social, ya que permite un cambio positivo en el nivel de vida de la población y facilita el desarrollo económico de la comunidad.

De acuerdo a estas primeras conclusiones, parece fácil intuir que toda iniciativa tendiente a electrificar áreas rurales debiera ser llevada a cabo. Sin embargo, sabemos que en la realidad esto no ocurre, ya que a pesar de que todas las iniciativas deben ser tomadas en cuenta (dado el diagnóstico realizado), los recursos para financiar este tipo de proyectos son insuficientes. Por lo tanto, deberá estudiarse algún mecanismo que permita decidir qué proyectos ejecutar y responder, en cada caso, cual es la alternativa técnica más adecuada para satisfacer la necesidad planteada.

Resulta interesante profundizar en las razones que impiden, en cierta medida, que se materialicen todas las iniciativas que en un principio nos parezcan útiles para reducir el déficit de electrificación .

Desde siempre el hombre ha debido resolver el problema de proveerse los bienes y servicios que permiten satisfacer sus ilimitadas necesidades. Para procurarse dichos bienes necesita recursos, cuya principal característica es que son limitados o escasos en relación a las necesidades humanas, es decir, no existen en cantidades suficientes como para producir todos los bienes y servicios que el hombre y la

sociedad desean. Por consiguiente, se debe elegir la mejor forma de hacer uso de estos recursos y así obtener el mayor bienestar posible. Lo anterior indica, desde una perspectiva general, que no podemos sesgarnos sólo a satisfacer el déficit de electrificación que pueda presentar una determinada población, sino que además debemos considerar que dicha población tiene otras necesidades, que pueden estar en el ámbito de la infraestructura, la educación o la salud.

Para la satisfacción de todas estas necesidades existen, recursos limitados y por lo tanto, no es una implicancia directa que todas las demandas deban satisfacerse inmediatamente, ni mucho menos, que ello deba hacerse a través de alternativas predeterminadas, ya que en un escenario como éste, no alcanzaríamos a satisfacer el total de las necesidades y tal vez, cometamos el error de beneficiar a aquellos que no presentan los problemas más urgentes de solucionar. Por lo tanto, es necesario priorizar y para ello debemos establecer criterios que nos permitan cubrir aquellas partes del déficit general, que contribuyan en mejor forma a elevar el bienestar social dada la limitación de recursos existente.

La primera interrogante que surge del planteamiento anterior es como establecer los criterios o como determinar de una manera clara y objetiva, la importancia de electrificar ciertas áreas por sobre otras, o de electrificar antes de entregar agua potable o antes de establecer centros de salud o de educación.

Al respecto la teoría económica sostiene que el aumento en la disponibilidad de bienes y servicios - mayor nivel de satisfacción de las necesidades - no es sólo atribuible a la mayor cantidad de inversión que se realice, sino que también a la mejor calidad de esta inversión. En efecto, se puede demostrar que la contribución al crecimiento económico de incrementar al doble el monto de inversión de un país, equivale exactamente a la que se obtendría al incrementar al doble la rentabilidad de las inversiones efectuadas con dicho monto (asumiendo que el nivel de riesgo asociado a las inversiones en ambos casos, es el mismo). De estas dos alternativas que surgen para aumentar el nivel de vida de las personas, se presenta como la más atractiva, aumentar la rentabilidad de las inversiones, ya que involucra un menor costo en términos del sacrificio que deben realizar los miembros de la sociedad. El otro camino, es decir, aumentar significativamente el monto de recursos destinados a inversión puede ser muy dramático, especialmente para los sectores más pobres, ya que para lograr este objetivo se deberá incrementar el ahorro interno y por consiguiente disminuir el consumo presente en un monto equivalente al que se desea invertir, lo que para estos sectores podría significar someterse a una situación insostenible.

Por lo tanto, los esfuerzos deberán destinarse principalmente a incrementar la rentabilidad social de las inversiones que se realizan, por supuesto, sin dejar de lado la alternativa de aumentar los recursos destinados a inversión. El concepto de rentabilidad mide la proporción de la inversión que se obtendrá como excedente al ser ejecutado el proyecto. Sin embargo, la medición de dicha rentabilidad no es un problema trivial, ya que cuantificar el impacto de electrificar o de dotar de otros servicios como agua potable, educación o salud resulta una tarea difícil. Precisamente en este punto es donde la evaluación social de proyectos tiene un rol preponderante, ya que tiene por objetivo fundamental, identificar y valorar la contribución de un determinado proyecto al desarrollo y bienestar de un país.

La evaluación social de la electrificación, requiere como etapas previas, la identificación y preparación de los proyectos a evaluar. La importancia que tiene este proceso no sólo se fundamenta en la escasez de recursos que existen para satisfacer un requerimiento determinado, sino que cobra aún mayor importancia al existir diversas alternativas con las cuales se pueden satisfacer dichas necesidades. La evaluación social de proyectos nos entrega una respuesta frente a estas alternativas.

El esquema que se propone para lograr optimizar los recursos disponibles para electrificar zonas rurales se inicia con la identificación de aquellos proyectos que es necesario realizar. Una vez identificados, se deberá determinar en forma precisa la zona o área que se verá afectada por la instalación de energía eléctrica, para luego realizar un diagnóstico completo de dicha zona, recogiendo variables y parámetros específicos referidos a los aspectos geográficos, de la población beneficiaria, de las condiciones actuales de infraestructura y de la dotación de servicios, entre otros. Todo esto nos permitirá aproximarnos, por un lado, a la proposición de alternativas adecuadas a las condiciones específicas de la zona a atender y, por otra parte, proveerá la información base para la posterior evaluación.

Al existir, en muchos casos, más de una forma de solucionar el problema de carencia de energía eléctrica, será necesario reunir todos los antecedentes que permitan establecer los costos y beneficios de cada una de las alternativas planteadas, completando de esta forma la etapa de preparación del proyecto.

Después de identificar y preparar, se iniciará la fase de evaluación, en donde se cuantificarán y compararán los beneficios y costos que originará el proyecto desde su inicio hasta el final de su vida útil.

La etapa de evaluación comprende la evaluación privada, que nos indica si el proyecto es rentable en

términos estrictamente de mercado y también se efectuará la evaluación social del proyecto, que permite saber la rentabilidad que el proyecto entrega en términos de su contribución al bienestar de la comunidad.

Para llevar a cabo esta tarea se deberán consignar todos los costos del proyecto, dentro de los que se distinguen principalmente los costos de inversión, operación y mantención. Por su parte, la cuantificación de los beneficios sociales, expresados en términos monetarios, se efectuará a través de un modelo que considera la cuantificación de los beneficios provenientes de dos fuentes:

- Beneficios del consumo residencial: Se valorarán y cuantificarán (monetariamente) los beneficios derivados del mayor consumo de energía que logran las familias y del ahorro de recursos que representa consumir una energía relativamente más barata que las energías sustitutas (pilas, baterías, kerosene, etc).
- Beneficios productivos: Se valorarán y cuantificarán (monetariamente), los beneficios derivados de la mayor producción lograda con la implementación de energía eléctrica y del ahorro de recursos que se origina al sustituir otras fuentes energéticas de mayor costo relativo (motores a combustible, grupos electrógenos, etc).

El resto de los beneficios que se obtienen debido a este tipo de proyectos, como son los relativos a la seguridad, acceso a la información y cultura, mayor convivencia social, etc. y que resultan difíciles de cuantificar, no serán valorados directamente. Sin embargo, estos beneficios (no cuantificables) se deben tener en consideración, ya que dependiendo de las características particulares del proyecto, podrían modificar la decisión final que se adopte en torno al proyecto.

Una vez definido el esquema a través del cual se identifica, prepara y evalúa un proyecto de electrificación, surge una interrogante más, ¿Qué nivel de profundidad o confiabilidad requiere cada uno de los estudios que se han mencionado, para lograr tomar una decisión?. La respuesta a esta interrogante nos obliga a estratificar los proyectos de acuerdo al nivel de la información que contienen y el estado en que se encuentran, en lo que se conoce como "ciclo de vida" de los proyectos. Este define la etapa de madurez en que se ubica un proyecto, desde su gestación como una idea, hasta que se materializa como proyecto y finalmente entra en operación. Precisamente a este tema está dedicada la próxima sección.

2.2 Ciclo de vida de los proyectos

El ciclo de vida de un proyecto es el proceso de transformación de las ideas en inversión. Esta transformación implica la utilización de múltiples recursos (humanos, materiales, financieros) que van agregando valor a las ideas, a medida que se pasa de la identificación a la formulación, evaluación, ejecución del proyecto y luego, a su puesta en marcha. Si bien este proceso de transformación adquiere en la práctica matices distintos para cada proyecto o tipo de proyecto, es posible observar que en todos los casos se dan algunas características que permiten efectuar una cierta generalización.

Una forma de describir el ciclo de vida de un proyecto es asimilando esta acción transformadora a una serie de procesos de producción, en cada uno de los cuales el proyecto va revelando su potencialidad, lo que permite tomar decisiones sobre; profundizar el estudio, modificarlo, postergarlo, abandonarlo o ejecutarlo y ponerlo en operación. De esta forma, se distinguen tres grandes estados sucesivos en este proceso de transformación. Estos estados son los siguientes:

- i) Preinversión
- ii) Inversión
- iii) Operación

i) Estado de Preinversión

En el estado de preinversión se identifica, prepara y evalúa el proyecto para asegurar que nos entregue el máximo excedente económico a lo largo de su vida útil, para lo cual se deben realizar estudios de mercado, técnicos, legales, económicos y financieros. El grado de profundidad con que se aborden estos estudios, depende de la calidad y cantidad de información y del grado de confianza requerido para tomar la decisión de ejecutar o no el proyecto. De acuerdo a estas características, se definen cuatro etapas o niveles dentro del estado de preinversión:

- * Generación y análisis de la idea de proyecto
- * Estudio a nivel de perfil
- * Estudio de prefactibilidad
- * Estudio de factibilidad

Idea

La generación de una idea de proyecto surge por diversas razones, ya sea por necesidades insatisfechas,

por políticas de desarrollo establecidas o por la existencia de otros proyectos en estudio o en ejecución. La idea es el punto de partida de un proyecto y por lo tanto, se deberá plantear muy bien el problema que se trata de resolver o la necesidad que se pretende satisfacer, estableciendo su magnitud y señalando claramente a quienes afecta positiva y negativamente la implementación del proyecto. De tal análisis, surgirá la especificación precisa del bien que se desea construir o el servicio que se pretende dar. Debemos además identificar las alternativas básicas de solución al problema, de acuerdo a los objetivos que se hayan establecido.

Este primer análisis debiera ser suficiente para tomar la decisión de continuar el estudio y por tanto profundizar su análisis y contenido, pasando a la siguiente etapa del estado de preinversión o rechazar la idea, debido a que el análisis en esta etapa revela que no es factible su implementación.

En el caso de electrificación, la idea surge naturalmente de la necesidad insatisfecha y de un afán de lograr equidad entre la población rural y la urbana.

Perfil

El estudio a nivel de perfil debe analizar todos los antecedentes que permitan formar un juicio respecto de la conveniencia y factibilidad técnico-económica de llevar a cabo la idea del proyecto. La elaboración del perfil debe incluir un análisis preliminar de los aspectos de demanda, oferta, técnicos y de evaluación. Para su realización se utilizan cifras estimativas, que incluyen, cuando corresponde, una aproximación global de los costos y beneficios. En la medida que el acceso a una información más detallada no signifique mayores costos, será conveniente incluirla a este nivel de estudio.

En esta etapa, la idea se ha transformado en una comparación cuantitativa de costos y beneficios que nos debe permitir adoptar una de las tres alternativas siguientes:

- a) Abandonar definitivamente la idea, ya que el perfil demuestra que ésta no es conveniente.
- b) Ejecutar el proyecto en base a los antecedentes disponibles en esta etapa, ya que el grado de certidumbre, es aceptable respecto del nivel de inversión y los niveles de rentabilidad obtenidos.
- c) Profundizar el estudio, aceptando incurrir en los costos de mejorar la información

Si se ha optado por la última de estas alternativas, corresponde pasar al estudio de prefactibilidad.

Prefactibilidad

En el estudio a nivel de prefactibilidad se deberán examinar en detalle la o las alternativas consideradas más convenientes y todos aquellos aspectos, que en la etapa de perfil quedaron con un alto grado de incertidumbre y que inciden en la factibilidad y rentabilidad de las eventuales alternativas. El nivel de confianza que se logre con el estudio de prefactibilidad debe ser alto. Ya no se trabajará con aproximaciones globales o parámetros preestablecidos, como se pudo haber hecho a nivel de perfil, sino que se deberán estudiar las condiciones particulares del proyecto, realizando los estudios necesarios para afinar las estimaciones de costos y beneficios que se obtendrán. En todo caso, los costos de agregar información no deberán, en ningún caso, superar a los beneficios de mejorar las estimaciones.

Al finalizar el estudio a nivel de prefactibilidad nos enfrentaremos nuevamente a las tres decisiones que se plantearon al describir el perfil del proyecto. Si la información recabada, aún no es suficiente para decidir el destino del proyecto o es muy dudosa su rentabilidad, debemos pasar a la etapa de factibilidad.

Factibilidad

El estudio de factibilidad debe reunir toda y la mejor información para tomar la decisión de ejecutar o no el proyecto y por tanto, debe tener exactamente definido aspectos como tamaño, localización, tecnología, calendario de ejecución y fecha de puesta en marcha. En este nivel de estudio deben intervenir especialistas, que culminan el proceso de aproximaciones sucesivas en la formulación y preparación del proyecto.

En el caso particular de los proyectos de electrificación rural que se consideran en esta guía, las inversiones involucradas no son de una gran magnitud, ya que en general, están destinados a proveer el servicio a comunidades con bajo nivel de población. Asimismo, la información necesaria para minimizar la incertidumbre, antes de tomar la decisión de ejecutarlos, es relativamente sencilla y está disponible a bajo costo en los municipios, empresas y cooperativas eléctricas. Por estas razones, no se justifica incurrir en grandes costos en la etapa de preinversión y es por ello, que en la mayoría de los casos, bastará con realizar una evaluación a nivel de perfil para tomar una decisión correcta.

El propósito de esta guía es facilitar la elaboración de dicho perfil, con un grado de certidumbre aceptable, en la estimación de los beneficios y costos de cada una de las alternativas propuestas. No

obstante, pueden existir algunas alternativas de proyecto muy específicas, que pueden requerir un nivel mayor de información para decidir su implementación.

ii) Estado de Inversión

Un proyecto se encuentra en estado de inversión cuando corresponde el desembolso de los recursos disponibles para invertir en el proyecto. Estos desembolsos se destinan a las etapas de :

- * Diseño o programación de las actividades
- * Ejecución del proyecto

iii) Estado de Operación

El estado de operación comienza con la puesta en marcha del proyecto y es a partir de este momento, que se empiezan a percibir en forma efectiva los costos y beneficios proyectados en la etapa de preinversión. Dentro del estado de operación se pueden distinguir dos etapas:

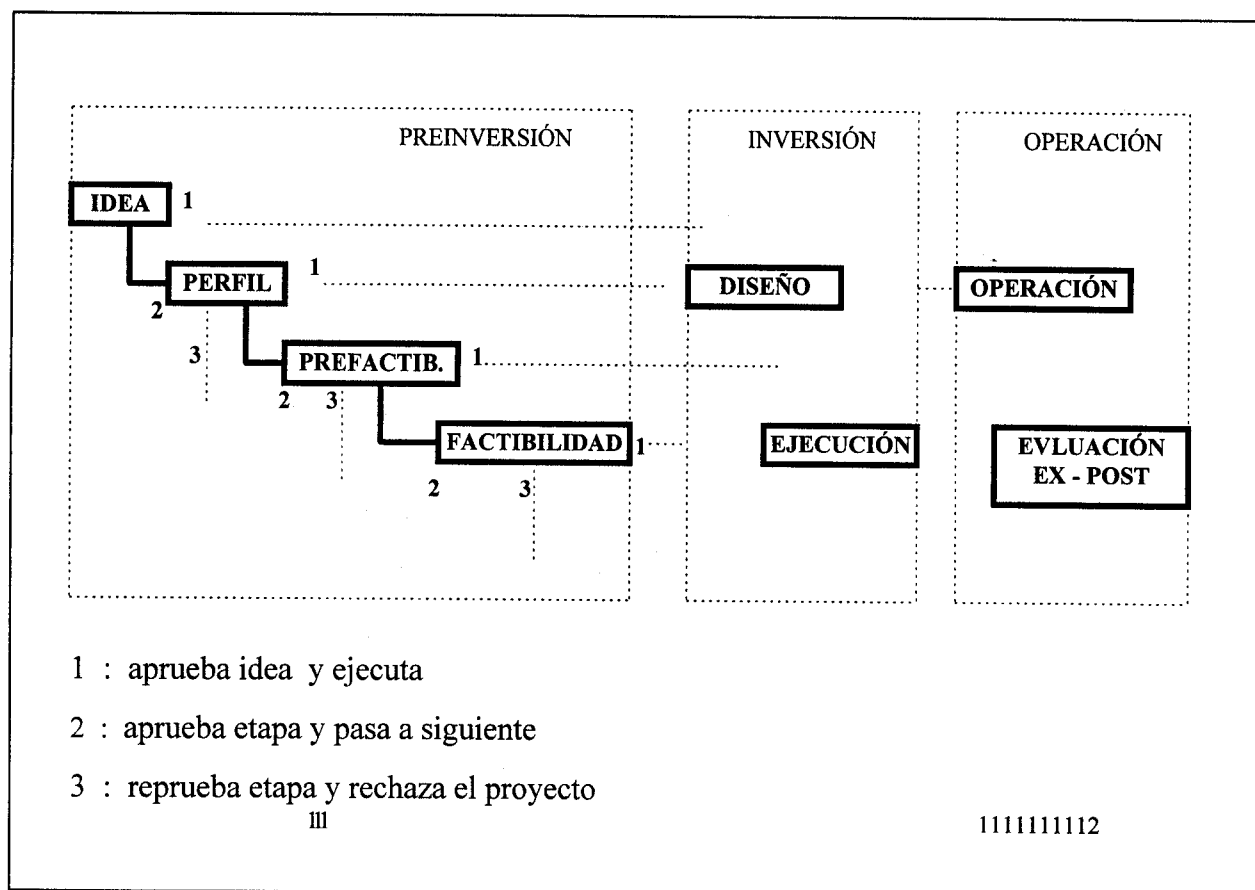
- * Puesta en marcha
- * Operación plena

Es importante destacar que algunas veces, los proyectos son sometidos a lo que se conoce como etapas de seguimiento y evaluación expost.

En la etapa de seguimiento, se controlan ciertas variables claves del proyecto, que permiten verificar que efectivamente estén siguiendo el rumbo o comportamiento esperado. Si se detectan desviaciones que puedan poner en peligro los resultados del proyecto, se podrán tomar a tiempo las acciones que correspondan.

La etapa de evaluación ex-post permite verificar el grado de cumplimiento de los objetivos que tenía trazado el proyecto, comparando los resultados o metas esperadas con las efectivas. Este tipo de evaluación resulta de gran utilidad para evaluar determinadas políticas o acciones, permitiendo además, la prevención de errores en la identificación, preparación y evaluación de futuros proyectos.

Cuadro 4
Ciclo de vida de los proyectos



3. Identificación del proyecto

Este capítulo estudia formas de abordar el desafío que representa seleccionar, en base a algunos criterios específicos, aquellos proyectos de electrificación rural que se pretende realizar. Para ello, se proponen algunos criterios y se exponen los mecanismos para identificar proyectos con coberturas limitadas, que pueden manejarse a nivel local.

3.1 Criterios para la identificación de proyectos de electrificación rural

No obstante el hecho de que esta guía está orientada al manejo del problema de la electrificación rural a nivel de las comunidades, la idea de proyecto se puede generar desde los niveles provinciales o regionales, o incluso a través de un programa o estrategia centralizada que defina los mecanismos para identificar proyectos de electrificación rural.

Generalmente, estas definiciones están basadas en un análisis multicriterio, es decir se analizan diversos criterios, se les otorga un peso relativo y se toma una decisión en base a la suma ponderada de ellos.

A continuación se presentan algunos de los criterios que sirven para establecer la población beneficiaria de los proyectos de electrificación:

3.1.1 Cantidad y concentración de la población

Ciertamente, la necesidad de cubrir un gran déficit de electrificación y la existencia de un presupuesto restringido, conduce en la mayoría de los casos, a que el objetivo de una política de electrificación sea incorporar al mayor número de personas, con el menor costo posible por solución. La utilización de este criterio para identificar proyectos privilegiará a las comunidades con mayor población y mayor grado de concentración, debido a que el costo de instalación por hogar, en la mayoría de las alternativas de abastecimiento eléctrico, crece a medida que aumenta la distancia entre el punto de generación y el punto de consumo final.

Este es uno de los criterios que también utilizan los inversionistas privados que participan en el mercado eléctrico. De hecho, tal es el grado en que se reducen los costos al servir poblaciones numerosas y concentradas, que estos proyectos resultan altamente rentables desde una perspectiva privada, sin que sea necesaria la intervención directa del Estado (por ejemplo a través de subsidios) para que el servicio sea

provisto. Este es el caso de los centros urbanos, cuyo nivel de electrificación es superior al 70% en la mayor parte de la región. Estas urbes presentan características de alta población y alta concentración, por lo que las economías de escala en proyectos de este tipo son considerables. En una ciudad se puede llegar a tener hasta 500 conexiones en un tramo de un kilómetro de tendido eléctrico (a razón de 25 conexiones por cada 100 metros y a ambos lados). Sin embargo, las localidades rurales se caracterizan por las largas distancias entre cada hogar, especialmente en el campo, donde la mayor parte de los terrenos son destinados al cultivo. Esto significa que en un kilómetro de extensión de la red de energía, no es posible considerar más allá de 30 o 40 conexiones.

3.1.2 Nivel de pobreza

De acuerdo a lo expuesto en los capítulos anteriores, la población rural presenta una situación socioeconómica disminuida con respecto a la población urbana. Este cuadro de pobreza acrecienta aún más la necesidad de considerar esta variable para una efectiva focalización de los recursos que utiliza el Estado con el propósito de electrificar. Sin embargo dentro del ámbito rural, también encontramos grupos con distintos niveles de necesidades, lo que nos obliga a medir, a través de algún mecanismo, el nivel de pobreza de las comunidades sin energía eléctrica, con el fin de priorizar como beneficiarios a aquellas familias de más escasos recursos. Uno de estos mecanismos son las encuestas de caracterización socioeconómica utilizadas en algunos países, para identificar beneficiarios de programas sociales. Ellas nos permitirán listar los hogares pobres en orden de mayor a menor nivel de pobreza, dentro de un estrato previamente definido como pobre. Un ejemplo de la utilización de encuestas se puede recoger del Apartado 2.

3.1.3 Actividades socioeconómicas

Por mucho tiempo la población rural se ha visto restringida a la actividad agrícola de baja generación de excedentes. Este hecho ha limitado en gran medida sus posibilidades de desarrollo. Más aún, para las localidades que no cuentan con energía eléctrica, la actividad agrícola puede ser incluso insuficiente para alcanzar un grado de bienestar mínimo, ya que no pueden introducir ciertas tecnologías con las que lograrían obtener una mayor productividad.

De esta forma, resulta importante también considerar la actividad socioeconómica de la población, al momento de diseñar un programa tendiente a electrificar, especificando si ésta es agrícola o perteneciente a otro sector vulnerable, el nivel de tecnificación y las expectativas de desarrollo de las actividades identificadas.

Ejemplo 1:

La importancia de realizar un buen análisis de las actividades económicas predominantes en la zona

Considérese el caso de una localidad rural ubicada en una zona costera y cuya actividad principal es la pesca artesanal. Se podría pensar en forma apresurada, que la dotación de electricidad en este lugar, no alteraría en gran forma el nivel de actividad o los ingresos que la población percibe. Sin embargo, es un hecho que los productos que obtienen los pescadores en un día determinado, deberán ser vendidos el mismo día, dado que su característica de perecible imposibilita su almacenamiento simple por un período mayor.

En este caso, si se pudiera almacenar el producto en una cámara de frío alimentada con energía eléctrica, los pescadores disminuirían sus esfuerzos y costos de captura, ya que podrían tener mayor poder sobre el precio de venta y evitar las salidas diarias a las faenas de pesca. Aún en el caso que existan otras formas de alimentar un sistema de congelamiento o conservación de frío, se obtendrá un beneficio, ya que en general, estas formas alternativas de energía resultan más costosas.

De esta forma se puede ilustrar que aún cuando la electricidad pueda tener muy poco impacto en la producción directa de los bienes, como en este caso, es considerable el impacto que puede tener en la comercialización de ellos.

3.1.4 Nivel de aislamiento

La instalación de energía eléctrica en una determinada localidad, abre las puertas hacia todo el medio externo y el resto de la población, ya que posibilita entre otros potenciales servicios, la implementación de sistemas de telecomunicaciones. Este factor tiene un mayor impacto mientras mayor sea el grado de aislamiento de la localidad, logrando que las personas sientan un mayor grado de integración al resto de la población nacional, así también, la introducción de energía eléctrica, es muchas veces, un factor determinante para detener los procesos de migración.

Los criterios descritos anteriormente no son los únicos que se utilizan en la identificación de proyectos, también es frecuente la utilización de criterios que incorporan características tales como, estructura de la población, índices de emigración, antigüedad de los poblados o importancia estratégica de los proyectos.

3.2 Mecanismos de identificación

El mecanismo de identificación más directo de los proyectos, es la propia demanda de la comunidad, la que debe contar con los conductos adecuados para hacerse escuchar y considerar, en los niveles de decisión correspondientes, llámense estos Municipios, Distritos, Departamentos, Zonas o Regiones. Un

problema claro que se presenta con la exclusiva consideración de este mecanismo, es el de objetivizar y medir en igualdad de condiciones, las variadas demandas de más de una localidad, que dependan de una misma autoridad administrativa encargada de asignar los recursos. Por esto último, resulta conveniente combinar la identificación a nivel local (demanda de la comunidad) con algún mecanismo de índole regional o nacional que permita priorizar comunidades beneficiarias.

Estos mecanismos, que procesan de alguna forma los criterios anteriormente analizados, otorgándoles distintos grados de importancia, permiten establecer un cuadro, mapa o indicadores que posibilitan plantear escalas de prioridades de la población que sufre la falta del servicio. Antes de diseñar algún mecanismo específico, conviene revisar lo que está disponible hoy en día en este ámbito, considerarlo como complemento, modificarlo o aplicarlo directamente. La idea es no complejizar este paso, verificando si ya no se ha realizado antes este esfuerzo para algún otro fin similar.

3.2.1 Estrategias o Programas Nacionales de Electrificación

Más que un mecanismo, un primer paso obligado para realizar la identificación de proyectos, es situarse en el contexto de la política o estrategia que cada país tiene para enfrentar la problemática de la electrificación rural. La mayor parte de los países de la región, cuentan con alguna institución gubernamental encargada del tema de la energía (Comisión Nacional de Energía en Chile o Secretaría de Energía en Argentina) incluso en algunas naciones cuentan con entidades dedicadas específicamente al tema de la electrificación rural (Instituto Nacional de Electrificación Rural, INER, en Bolivia).

De este tipo de instituciones surgen políticas generales para el sector, estrategias de desarrollo, así como también, programas específicos de electrificación. Generalmente, estos últimos tienen incluidos algunos de los criterios antes mencionados en sus términos y pautas para otorgar el servicio a las localidades

3.2.2 Encuestas

Estos instrumentos de recolección de información, que puede tener diversos fines, suelen ser muy útiles para detectar áreas o población con déficit de servicios de infraestructura y en situación de desventaja respecto de la mayoría de la población. No es recomendable diseñar ni realizar encuestas, específicamente para el propósito de identificar proyectos de electrificación a nivel nacional, ya que resultaría bastante costoso y escaparía a las intenciones de esta guía, que pretende abordar el problema desde una perspectiva local. Lo que sí debe hacerse, es un análisis crítico de los instrumentos que ya existen y que en general, recogen información diversa de la población. Una vez hecho este análisis, se

podrá rescatar de cada uno de los instrumentos, la información que resulte relevante para la identificación de proyectos de electrificación.

Un ejemplo de instrumentos de este tipo es la ficha CAS en Chile, de la que se da mayor detalle en Apartado 2.

APARTADO 2

La Ficha CAS

La ficha CAS es un instrumento de caracterización socioeconómica del hogar, que se utiliza para identificar a la población en extrema pobreza, con el fin de focalizar los beneficios de la red social y de los programas sociales dirigidos a las personas. Esta ficha está destinada a elegir como beneficiarios a los más pobres y se aplica y maneja a nivel municipal.

Existen dos versiones de la ficha, la CAS-1 y CAS-2. La CAS-1 recoge información sobre 14 ítems, los cuales entregan alguna manifestación de pobreza. Incluye puntos relacionados con características de la vivienda, infraestructura sanitaria, equipamiento del hogar, hacinamiento, promiscuidad, combustible utilizado, alfabetismo y años de escolaridad del jefe de hogar y su cónyuge, actividad o trabajo del responsable de la mantención del hogar, y localización de la vivienda según región y carácter urbano o rural de la localidad. Los diversos ítems se combinan en un índice sintético que se conoce con el nombre de puntaje CAS ("índice"). Este valor es el que determina el acceso o no a un subsidio o programa específico. Esto determina cinco clasificaciones de la población pobre, en orden de menor a mayor riqueza; cas1, cas2, cas3, cas4, cas5.

La aplicación de la ficha CAS-1 reveló ciertos problemas, lo que llevó a realizar estudios destinados a reorientar la ficha, cuyo resultado fue la CAS-2. Esta está en aplicación desde Junio de 1987 y se diferencia de la ficha CAS-1 en los siguientes puntos: agrega ítems relacionados al monto y origen del ingreso familiar; redefine ítems ya incluidos en la CAS-1 superando contradicciones y ambigüedades existentes en ésta; define de modo preciso la vivienda como unidad para ser encuestada e incorpora la variable familia, lo que permite posteriormente la identificación de familias allegadas, expresa la situación socioeconómica de la familia en un puntaje continuo; modifica la ponderación de los ítems, estableciendo ponderaciones diferenciadas para áreas urbanas y rurales; y por último, las ponderaciones son menos "visibles" para el usuario en la versión CAS-2, dificultando una manipulación de la información.

En el caso del Programa de electrificación rural en Chile, el criterio de nivel de pobreza se mide con esta ficha. Para acceder a los beneficios de dicho programa, se debe cumplir que la población beneficiaria, se encuentre en el rango de puntaje que caracteriza a los hogares de escasos recursos. De esta forma, se logra una buena focalización de los subsidios que se otorgan vía este programa.

(Fuente: "La Ficha CAS como instrumento de asignación de subsidios" MIDEPLAN CHILE 1990)

3.2.3 Selección de información de grandes bases de datos

Con el alto desarrollo de la informática en los últimos años, han surgido diversas herramientas computacionales que permiten un mejor aprovechamiento de las grandes bases de datos con que se cuenta en las administraciones nacionales, para fines de orientación de políticas y medición de la evolución de indicadores generales. De ellas se obtiene información agregada tal como indicadores, tablas y cuadros que de alguna forma subutilizan los datos obtenidos a niveles desagregados.

Estas herramientas son programas computacionales que justamente permiten darle una buena utilización a los datos contenidos en estas grandes bases, con fines específicos a nivel provincial, comunal u otra subagregación.

La idea detrás de este mecanismo es el aprovechamiento de datos recolectados en todo el país, evitando el costo de recolectar, los mismos datos a nivel local, para el fin específico de identificar proyectos.

Un ejemplo de estos programas es el DATER II creado en el Instituto de Planificación Física de Cuba, que permite el manejo de información física, económica y social, que necesariamente debe estar referida a una estructura territorial, ya sea a nivel de país, provincia, municipio o asentamiento poblacional.

Otro ejemplo que es utilizable de mejor forma para el propósito de los proyectos a tratar en esta guía y que permite recuperar datos recogidos en los censos para fines específicos y áreas más pequeñas es el REDATAM, del que se entrega mayor detalle en el Apartado 3.

APARTADO 3

REDATAM: MANEJO Y ANÁLISIS DE GRANDES BASES DE DATOS

Los censos nacionales representan la empresa de mayor envergadura que acomete un país en materia de recolección de información. Ellos constituyen la única fuente que, con alguna periodicidad y para todo el universo del país, recoge datos sobre variadas características demográficas y socioeconómicas de la población.

La información publicada -informes, cuadros, tablas-, con frecuencia solo incluye resultados demasiado generales y con escasa desagregación. Esta información si bien tiene el propósito de proveer un panorama general, presta poca utilidad a usuarios más exigentes que la requieren para tomar decisiones a nivel de áreas geográficas menores (provincias, municipios, comunidades, etc.) y para la investigación más elaborada de temas específicos.

Por su parte, las modalidades tradicionales de almacenamiento de grandes volúmenes de datos básicos (a nivel micro, con cada registro representando a un individuo u hogar) en cintas magnéticas, conllevan la necesidad de usar grandes computadores y personal especializado para procesar demandas específicas, no previstas, de los usuarios. Si bien en teoría, no existen limitaciones técnicas para satisfacer dichas demandas (los datos, la tecnología y los deseos existen), en la práctica, la ausencia de una estructura institucional flexible, sumada a limitaciones de recursos materiales y humanos, no permiten atender y dar la misma prioridad a todos los posibles requerimientos de una manera simultánea y oportuna. Estos factores impiden que se atiendan estas demandas y cuando ellas son satisfechas, implican grandes demoras y altos costos, que para el caso específico de preparar los proyectos de este tipo no se justifican.

Para superar este problema, a mediados de los años 80 el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE), desarrolló un programa que permite acortar la brecha entre usuarios de información y productores de datos, REDATAM.

REDATAM (REcuperación de DATos censales para Areas pequeñas por Microcomputador) permite a productores poner a disposición de usuarios los datos básicos de censos y grandes encuestas, permitiéndoles rescatar la información que les sea necesaria para sus análisis de una manera rápida, simple e independiente a través de un microcomputador.

Su diseño considera la existencia de menús, instrucciones y ayuda en cada paso del programa; ello simplifica la tarea y minimiza la necesidad de usar manuales. Por tanto, el sistema es interactivo y amigable, y permite que sea operado por usuarios que no son programadores o expertos en computación. El propósito principal de REDATAM es organizar y mantener voluminosos archivos estadísticos dentro de la capacidad limitada de un microcomputador.

(Fuente: Efectos Demográficos de grandes proyectos de Desarrollo: Instrumentos de Análisis. CELADE - CEDEM - UNFPA , Costa Rica 1990)

4. Diagnóstico de la situación actual

Este capítulo está orientado a la definición de todas aquellas variables que son relevantes para la determinación del proyecto y que más adelante nos permitirán emitir un pronunciamiento acerca de la conveniencia de que sea llevado a cabo. El primer paso, será realizar un acabado diagnóstico del área que será afectada por el proyecto. Luego debemos efectuar un análisis de la demanda y la oferta de energía en las situaciones actual y esperada, lo que nos facilitará hacer un correcto dimensionamiento del proyecto y proponer las alternativas más adecuadas para solucionar el problema planteado.

El aspecto más importante del diagnóstico, es una clara descripción del principal problema que se intenta solucionar con la implementación del proyecto. En este caso, la falta del servicio eléctrico presenta un problema que puede resultar bastante claro. Sin embargo, y de acuerdo a los criterios analizados en el capítulo anterior, el problema identificado puede tener distintas causas y efectos, que será necesario identificar perfectamente y que dependen de las condiciones particulares de la población y del territorio en que ésta habita. La correcta definición de estos aspectos, nos brindará la posibilidad de proponer las alternativas más adecuadas para solucionar el problema y nos ayudará a predecir lo que sucederá una vez que el proyecto se haya materializado. Por esta razón, debemos esforzarnos en acotar de la mejor manera posible, la zona que se verá afectada al realizarse el proyecto.

4.1 Definición del Área de estudio

La definición del área de estudio, es básica para conocer los límites sobre los cuales realizar el diagnóstico de la población potencialmente beneficiaria, en el contexto de la zona en que habitan y realizan sus actividades principales.

Dado que, en general, en el sector eléctrico se pueden distinguir claramente las fases de transmisión y distribución, cuyo objetivo es “transportar” la energía generada en alguna central (de mediana o gran escala), el primer punto referencia que nos servirá para definir el área de estudio, lo constituyen precisamente, la red de transmisión y la red de distribución de la energía eléctrica que puedan existir en la región o provincia. Además se deben considerar como referencia los límites de carácter político administrativo y/o de accidentes geográficos.

4.1.1 La red de transmisión y distribución

La factibilidad técnica de proveer el suministro eléctrico mediante la extensión de las redes, depende de dos factores: la capacidad de generación de la o las centrales más cercanas y de los consumos de la población que ya se encuentra conectada a ellas. Las empresas o cooperativas que operan y administran los sistemas cuentan con la información necesaria para establecer si es posible la definición de algún área, que ubicándose dentro del ámbito territorial de la red, aún no cuente con suministro eléctrico.

Una situación como la descrita anteriormente puede ser consecuencia de variados factores: el área ha sido poblada con posterioridad a la instalación de alguna red relativamente cercana, la población no tiene los ingresos suficientes para conectarse, la distancia o los accidentes geográficos elevan demasiado el monto de inversión. Cualquiera de estas razones, hace económicamente no rentable para las empresas o cooperativas entregar el servicio eléctrico.

4.1.2 Límites político administrativos

Este es uno de los criterios más comúnmente utilizados para definir un área de estudio, ya que las gestiones para impulsar la instalación de energía, requieren contar con un responsable claramente identificado (municipio, distrito, región). Otra ventaja que presenta este criterio, es que facilita la recolección de información, ya que, en general las instituciones locales cuentan con los datos que permiten conocer las características de la población, los servicios e infraestructura con que cuentan y los recursos que pueden ser considerados.

4.1.3 Límites por accidentes geográficos

No obstante se puede tener una primera definición de acuerdo al criterio anteriormente descrito, este puede ser muy amplio para fines de establecer condiciones semejantes del área a estudiar. Para una definición más precisa del área de estudio es conveniente considerar adicionalmente, la existencia de ríos, montes o montañas, carreteras de alta velocidad o algún otro límite natural o artificial que pueda encerrar una zona poblada, o sin que necesariamente la encierre, permita la agrupación de habitantes con características similares. La actividad económica, por ejemplo, en la mayoría de los casos está condicionada a las características del terreno, que a su vez, se ven fuertemente afectadas por la existencia de accidentes geográficos.

4.1.4 Caracterización del área de estudio

Definida el área de estudio, es necesario extraer de ella, las características relevantes que nos permitirán dimensionar el problema que presenta población de esta área. Asimismo, se deberá segmentar la población, en los casos que ésta sea muy heterogénea, en base a la característica más relevante de diferenciación (cultural, socioeconómica, productiva, etc). Dentro de las características más importantes de rescatar en el área de estudio están las siguientes:

- número total de localidades o asentamientos (o grupos de más de dos hogares relativamente concentrados) que se pueden identificar en el área.
- cantidad de hogares que no cuentan con suministro de energía eléctrica.
- características del suministro eléctrico en aquellos hogares que si disponen de él.
- grado de concentración de los grupos identificados y números de hogares que conforman cada uno de estos grupos.
- características geográficas generales de la zona; existencia de montañas, cerros, ríos u otros accidentes geográficos, condiciones climáticas y ambientales; dotación de infraestructura vial.
- distancias a sistemas de transmisión y/o planta generadora de energía.
- características de organización administrativa del área.

4.2 Area de influencia del proyecto

Definida el área estudio, debe acotarse la zona dentro de esta área, sobre la cual se dimensionará el proyecto. Esta zona queda definida principalmente por aquella en la cual habite preponderantemente la población identificada como potencial beneficiaria y que no cuenta con servicio eléctrico. Si esta fuera la situación de toda la población del área de estudio, se selecciona aquel subconjunto que esté mayormente concentrado y que sea más factible de implementar según la información recogida del área de estudio. Si existen localidades dentro de esta área claramente identificables y alguna de ellas tiene una cantidad de población significativamente mayor que el resto, en una superficie asimilable a algún centro medianamente urbano, indicará una clara forma de definir el área de influencia. También lo serán la disponibilidad de recursos económicos y técnicos de la población y el potencial aprovechamiento de los recursos naturales o condiciones climáticas favorables para la generación de energía que existan en las localidades.

Definida el área de influencia, que puede llegar a ser la misma de estudio, se requiere conocer las

características más relevantes de ella, a fin de generar alternativas de proyecto y posteriormente evaluarlas. Estas características se esquematizan y detallan en el Cuadro 5 que se presenta a continuación.

Cuadro 5
Información mínima para caracterizar el área de influencia

VARIABLES	INFORMACIÓN ESPECIFICA
GEOGRÁFICA	Localización Superficie total considerada Superficie boscosa u otros accidentes Distancia a localidades más próximas con electricidad Distancia a líneas de transmisión y/o distribución eléctrica Características generales de recursos hídricos Condiciones climáticas en un período mínimo de 1 año (sol, viento) Uso del suelo
SOCIO - CULTURAL	Población Número de Viviendas Capacidad técnica de la población Servicios básicos existentes Formas de organización local Tasa de crecimiento poblacional
ECONÓMICO - DOMÉSTICAS	Actividades económicas principales Niveles de Ingreso Familiar Tipos de Vivienda

El área de influencia queda caracterizada por estos datos, que serán relevantes para generar alternativas de electrificación rural. Las características geográficas de la localidad permiten dimensionar el proyecto y establecer límites para el análisis de oferta. En efecto, la localización y superficie total del área permite dimensionar la extensión de los tendidos de cables, los datos relacionados con las distancias a localidades más próximas con electricidad y a líneas de transmisión y distribución eléctrica, deciden si

son o no viables alternativas de conexión a ellas. La disponibilidad de recursos naturales, uso del suelo y condiciones climáticas permiten analizar otras alternativas de generación, tal como se explicita más adelante en el Capítulo V “Estudio de alternativas de solución”.

Las características socioculturales permiten establecer especificaciones y restricciones del proyecto. Esto por cuanto, conociendo la cantidad total de habitantes, la velocidad con que estos aumentan o disminuyen (tasa de crecimiento poblacional), el número de viviendas en que habitan y los servicios básicos con que cuentan (colegio, consultorio, teléfono público, otros), se puede establecer qué cantidad de empalmes o conexiones son requeridos y de qué capacidad cada uno. Sin embargo, esa proyección puede verse restringida por los ingresos que tengan las familias y determinar, por ejemplo, que no puedan plantearse alternativas de costos operacionales muy altos, ya que la población difícilmente puede absorberlos. Otra situación que puede darse es que la capacidad técnica de las personas que componen la población, no sean las adecuadas para el mantenimiento de un equipo generador de electricidad, que requiera habilidades específicas. Otro ejemplo, es el de una población compuesta principalmente por mujeres y ancianos (situación que suele ser común en algunas zonas rurales), en ella, será riesgoso o difícil implementar algún método que requiera niveles altos de esfuerzo físico. Del mismo modo, puede significar una restricción (o ventaja) la estructura organizativa de la comunidad, si ésta no tiene instancias de organización, se verá complejizada toda la labor de implementación, capacitación y aprovechamiento de cooperación entre los vecinos.

Las características económicas y domésticas permiten complementar la información anterior y servir de pauta para detectar el desarrollo futuro de potenciales actividades económicas, adicionales a las que ejecutan las personas en la actualidad. Los datos acerca de los tipos de viviendas existentes son muy importantes para consideraciones de seguridad en las alternativas de electrificación.

4.3 Análisis de demanda

Una vez analizada la situación global de la comunidad, debemos determinar con mayor precisión el déficit de energía eléctrica que presenta la población. En este caso el servicio eléctrico no existe, sin embargo, la necesidad se satisface con otros energéticos que reemplazan de alguna forma a la energía eléctrica, dichos energéticos los denominaremos “energía sustituta” y el consumo de este tipo de energía, representará la demanda en la situación actual o “sin proyecto”. Para completar el análisis de la demanda

de energía deberemos realizar un pronóstico sobre la demanda futura o en la situación “con proyecto”, que nos indicará el consumo que tendrá la población una vez que esté disponible el suministro eléctrico.

Terminado este análisis, tendremos claridad del comportamiento actual y futuro del consumo de energía, lo que será de gran utilidad para el diseño y planteamiento de las alternativas técnicas, que se estudiarán en mayor profundidad cuando realicemos el análisis de la oferta.

4.3.1 Demanda de energía sustituta

Estimar la demanda de energía sustituta o de la situación sin proyecto, corresponde a la determinación de los consumos actuales de energéticos, que la población realiza para satisfacer sus necesidades.

En el segundo capítulo, se señaló que el uso más frecuente de la energía eléctrica en las localidades rurales cuando se ha instalado la electricidad es a nivel doméstico y corresponde a la iluminación y el funcionamiento de aparatos como: planchas, lavadoras, radios y televisores. Estos constituyen usos que son satisfechos en la situación actual - especialmente la iluminación - con medios poco seguros, ineficientes, costosos y contaminantes. El conjunto de estos medios, es lo que hemos denominado "energía sustituta" y no son más que todos los elementos que la población rural, carente de electricidad, utiliza para sustituirla. Los tipos de energía sustituta que se encuentran con mayor frecuencia en el medio rural, su utilización y los problemas que presentan, se pueden apreciar en el Cuadro 6.

Cuadro 6
Energía sustituta: Tipos, Utilización y Problemas

Tipo (Fuentes Energéticas Alternativas)	Utilización	Problemas
Kerosene y/o leña	Para iluminación en lámparas a kerosene y/o en fogones que también sirven para fines de calefacción.	* Altamente inseguro por el alto riesgo de incendio asociado a su uso. * Contaminante ya que es producto de un proceso de combustión que arroja gases y partículas al aire. * Para el caso particular de la leña, su uso implica un deterioro al medio ambiente ya que degrada los bosques producto de la tala.
Carbón	Para funcionamiento de Planchas	* Riesgo por la probabilidad de sufrir quemaduras. * Poco eficiente, ya que pierde mucho calor. * De difícil manipulación, ya que debe cargarse el carbón caliente.
Velas	Iluminación	* Poco eficientes, tienen muy poca capacidad lumínica. * Riesgosas. * Sucias.
Pilas	Funcionamiento de lámparas, radio receptores o radio transmisores.	* De bajo rendimiento, cada unidad dura poco. * Relativamente costosas, en la medida que en general los aparatos funcionan con más de una.
Baterías	Funcionamiento de motores, aparatos de radio y televisión y otros como ventiladores	* Bajo rendimiento, duración limitada * Voluminosas y pesadas, lo que dificulta su traslado. * Costosas, en general no están fácilmente al alcance de la gente. * Dificultad para la recarga.

Fuente: Elaboración Propia.

De los elementos que utiliza la población para proveerse de energía asimilable a la eléctrica, se requiere conocer específicamente; cuáles se utilizan, en qué cantidad y cuanto es el gasto en cada uno de ellos. Esta demanda o consumo de energía sustituta deberá establecerse para un período determinado de tiempo, para lo cual se recomienda utilizar el consumo mensual. En el caso de que esta demanda sea muy variable en los diferentes meses del año, se propone ocupar el mes más representativo, o en su defecto, el promedio de los períodos de mayor diferencia. Esta información se deberá recoger a través de la realización de encuestas a la población, determinándose el consumo típico de una familia de la localidad. Si se encuentra gran dispersión en los patrones de consumo estos deberán especificarse en forma separada, indicando que porcentaje de los hogares incluye cada uno de los patrones de consumo identificados. El ejemplo 2 muestra un caso en el que se ha recabado este tipo de información.

No debemos olvidar de agregar en la demanda de energía sustituta, aquella derivada de las actividades productivas, como por ejemplo, el consumo de combustible que demanda un motor que provee de agua para el consumo doméstico o para el riego de alguna actividad agrícola.

Por último, otro dato de interés es la evolución en el tiempo que experimentará la demanda, que supondremos que variará, principalmente, debido al crecimiento de la población. Por lo tanto, se debe reportar este antecedente justificando adecuadamente su valor.

Con respecto a la tasa de crecimiento de la población, se debe tener especial cuidado en analizar el valor que se desprende de la información histórica de una localidad específica, ya que suele suceder que dicha tasa presente un promedio negativo, es decir, que la población ha disminuido en el período considerado.

En estos casos es de sumo interés investigar los factores que han incidido o a los cuales se atribuye la disminución de población, ya que si se debe a la carencia de servicios básicos, entre los que se cuenta, precisamente, la falta de energía eléctrica, el proyecto que se propone podría revertir o mitigar este comportamiento. Además, para determinar la tasa de crecimiento poblacional futura, se deberá tener en consideración otros proyectos que se pretendan implementar en el área de estudio, tales como, escuelas, carreteras, agua potable, alcantarillado, proyectos productivos u otros, que afecten la evolución poblacional y en definitiva la demanda futura de energía.

Ejemplo 2

De una encuesta realizada a las familias que habitan en la localidad rural “Cerro Alto”, se obtuvo el siguiente patrón de consumo mensual de energías sustitutas que efectúa una familia. Cabe destacar que dicho patrón de consumo resulta representativo de las 50 familias que componen esta localidad.

Consumo mensual de una Familia de “Cerro Alto”

Energético	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (US\$)	Gasto (US\$)
Velas	20	unidades	0.25	5.0
Kerosene	10	litros	0.35	3.5
Batería	1	cargas	2.00	2.0
Pilas	12	unidades	0.8	9.6

El gasto total en la situación sin proyecto (G) es de 20,1 US\$.

La tasa de crecimiento que ha experimentado la localidad en los últimos 10 años es 2% anual.

4.3.2 Demanda de energía eléctrica

Esta corresponde a la determinación de las necesidades o consumos esperados en la situación con proyecto, es decir, asumiendo que la localidad cuenta con abastecimiento eléctrico. Por lo tanto, debemos encontrar el potencial consumo de energía eléctrica en la zona. Para lograr este objetivo, resulta más directo y menos costoso asimilar el consumo de la localidad estudiada al de otra localidad con características socioeconómicas similares, ubicada dentro o fuera de la zona identificada.

Los criterios para seleccionar una localidad representativa a la cual se le pueda asimilar un consumo en la situación con proyecto, son principalmente tres: número de habitantes, nivel de ingreso familiar y la actividad productiva predominante en la localidad. Estas características, como se recalcó, deben ser muy similares para robustecer el supuesto de que la localidad beneficiada con el proyecto consumirá más o menos la misma cantidad de kwh (medida del consumo de energía eléctrica), dado un precio similar en ambas localidades. Además, la localidad escogida para la comparación deberá tener disponibilidad de energía eléctrica desde hace al menos un año, período en el cual se logra una estabilidad en el consumo mensual promedio y la gente ya ha agregado a su vida cotidiana, aparatos domésticos eléctricos que antes no tenía. Una segunda forma de obtener la demanda de la situación con proyecto es profundizar un

poco más en las características del consumo esperado, estableciendo algún patrón de consumo que se vincule a las características socioeconómicas de la población. Ello requerirá suponer que existirán un conjunto de aparatos que consumen energía eléctrica, averiguar las potencias involucradas y las horas de utilización de cada uno de ellos, para finalmente determinar el consumo de energía. Este método, también requerirá la comprobación de sus resultados con la técnica de la “localidad similar” por lo que se pueden considerar equivalentes.

Además, se deberán agregar a los consumos familiares o residenciales, aquellos consumos provenientes de las actividades productivas, de esta forma, podremos lograr un dimensionamiento adecuado de las soluciones técnicas que se plantearán como alternativas para la ejecución del proyecto.

Es muy importante considerar que el proyecto debe ser diseñado para servir la demanda existente durante todo el período de vida útil del proyecto, por lo tanto, deberá proyectarse el crecimiento de esta demanda y diseñarse el proyecto, de acuerdo a los requerimientos de potencia⁷ y energía, detectados para el último año del período de evaluación, agregando a dichos requerimientos las pérdidas (de energía y potencia) que se produzcan en la transmisión y distribución del suministro.

Como ya se señaló en la sección anterior, se considerará que el factor más relevante en los aumentos de la cantidad demandada es el crecimiento de la población.

El ejemplo 3 muestra la forma en que se proyecta la demanda a través de un caso específico. Se debe notar el hecho, que este ejemplo, reúne los dos métodos mencionados para obtener la demanda de energía en la situación con proyecto, ya que se puede adoptar el valor del consumo de la localidad

⁷

La estimación de la demanda por potencia es uno de los parámetros más importantes en el diseño técnico del proyecto. Esta demanda (junto a la demanda de energía), definirá la capacidad de generación que deben tener los equipos a la potencia que es necesario contratar en los sistemas abastecedores principales (red). El diseño se debe realizar estimando la demanda de potencia máxima, la que se presentará en el último año de vida útil del proyecto. La demanda de potencia se calculará como:

$$(\text{Nro. de empalmes o conexiones}) \times (\text{Potencia instalada por conexión}) \times (\text{Factor de demanda})$$

El factor de demanda define la probabilidad de que en un momento punto, se utilice toda la potencia instalada (factor de coincidencia en punta). Dicho factor disminuirá al aumentar el número de conexiones o familias. Para el ejemplo considerado (89 familias/año 30), el bajo número de conexiones hace que la probabilidad de que se utilice toda la potencia instalada en una hora punta sea muy alta, por lo tanto, el valor será cercano a 1. Para localidades rurales con más de 500 familias el valor del factor de demanda será más cercano a 0,5. Finalmente, para determinar la capacidad de generación o compra de potencia y energía a algún sistema mayor, se deberán tener en cuenta las pérdidas que se producen en el proceso de transmisión y distribución.

similar directamente, justificando la similitud de las localidades o bien, establecer específicamente los consumos esperados de la forma que se presenta en el ejemplo 3.

EJEMPLO 3

Para determinar el consumo en la situación con proyecto en la localidad de "Cerro Alto", tomaremos la información disponible del consumo de energía de una familia tipo de la localidad de "Cerro Bajo". Esta última localidad, se ubica a 7 Kms. de Cerro Alto y en ella habitan 80 familias que cuentan con energía eléctrica desde hace aproximadamente dos años. El ingreso y las actividades productivas en ambas localidades son muy similares y el precio que se cobraría por la energía, no debería tener diferencias significativas, ya que se encuentra en la misma área.

El consumo mensual de una familia en la localidad de Cerro Bajo se puede caracterizar de la siguiente forma:

Tabla de Consumo

Artefacto	Potencia Watts	Horas de Utilización	Consumo de Energía Kwh
4 ampolletas	60 c/u	480	28.8
1 televisor	30	60	1.8
1 radio	6	150	0.9
1 plancha	1000	2	2

* El consumo en kilowatts se obtiene al multiplicar la potencia de cada artefacto, por las horas de utilización y dividir por 1000.

Por lo tanto el consumo total de energía de esta familia es 33,5 kwh/mes y supondremos que será el mismo que reportarán las familias de Cerro Alto al ejecutarse el proyecto. Además, se registró que el precio de la energía en Cerro Bajo es de 0,25 US\$ el Kwh.

Resumiendo, para la localidad de Cerro Alto se tiene :

Consumo familia / mes	:	33,5 kwh/mes
Consumo residencial localidad / mes	:	1.675 kwh/mes (33,5* 50 familias)
Consumo total localidad / año 1	:	20.100 kwh/año (1,675 * 12)
Nro. Familias año 30	:	89 (tasa de crecimiento 2% anual)

Estamos suponiendo que el proyecto se evalúa a 30 años.

Además se registró, que en la localidad de Cerro Alto existe cultivo de papas (3 hectáreas cultivadas, que rinden 150 quintales métricos la hectárea). Se considera que este rendimiento es bajo, debido principalmente a la falta de riego.

Al llegar la electricidad se aumentará el riego a través del bombeo de agua. El consumo estimado en electricidad para la actividad productiva, es de 150 kwh/hectárea/mes. Por lo tanto, el consumo anual será de 5.400 kwh (3*150*12). Este consumo se deberá agregar al consumo residencial en cada año, para obtener el consumo total de energía.

Consumo total localidad / año 1	:	25.500 kwh (20.100 + 5.400)
Consumo total localidad / año 30	:	41.094 kwh (35.694 + 5.400)

Para estimar la demanda de potencia, se deberá estimar su valor en el último año de vida útil del proyecto. En este caso se instalarán 250kw en potencia para la localidad considerando la instalación de 2kw por vivienda y el resto por concepto de actividades productivas y pérdidas que se pudieran producir en la distribución.

4.4 Análisis de oferta

La oferta corresponde a la disponibilidad de energía en la zona del proyecto. Para el caso de la situación actual, es decir, para la energía sustituta, ésta está constituida por los centros de abastecimiento de provisiones regulares de estas localidades. Estos centros no dependen fuertemente de la venta de los elementos energéticos alternativos incluidos en la energía sustituta, sino mas bien del total de provisiones que requiere la población, incluido los alimentos.

Para el caso de la energía eléctrica, en el área de influencia específica, esta oferta no existe, no obstante puede existir en el área de estudio.

De tal forma, es importante recoger información acerca de si existen localidades dentro del área de estudio que cuenten con energía eléctrica. En el caso de que no existan se puede concluir que la oferta no existe. En caso de que si haya alguna, se debe analizar si esta proviene de generación local a través de algún sistema descentralizado (generadores, microcentrales, etc), o de la conexión a algún sistema abastecedor centralizado, formado por centrales de envergadura y una red de distribución.

En el primer caso, generación local, se debe establecer si el sistema generador opera a plena capacidad o si existe capacidad ociosa aprovechable por el proyecto. De esta forma se puede considerar una oferta aprovechable.

En el otro caso, conexión a un sistema abastecedor, se puede considerar una oferta infinita, que no requiere de incrementos, ya que el consumo de las localidades rurales, que son materia de esta guía, es comparativamente insignificante frente a los niveles de energía y potencia que se transmiten en estos sistemas. Esto por cuanto estos sistemas diseñan sus capacidades para centros de consumo urbanos e industriales y el margen de respaldo es suficiente para satisfacer estos consumos marginales de las zonas rurales.

En resumen, existen dos situaciones probables; la oferta no existe y lo que debe por tanto analizarse es su creación; y la oferta existe, ya sea por capacidad ociosa de un sistema de generación local cercano, o por la eventual conexión a un sistema eléctrico centralizado.

El análisis anterior, conduce de manera muy fácil a la generación de alternativas de solución para la localidad que sufre la carencia del servicio eléctrico, tema que se desarrollará en el próximo capítulo.

5. Estudio de alternativas de solución

En este capítulo se detallan las principales características, de aquellas alternativas técnicas de solución, que se implementan con mayor frecuencia en las zonas rurales. Así también, se describe el proceso que nos permitirá realizar una preselección de alternativas, basado principalmente en el descarte de aquellas tecnologías, que no compatibilizan con las condiciones que presenta la zona en que se emplazará el proyecto.

5.1 Clasificación de las alternativas

Las alternativas de solución, tal como se desprende del análisis de oferta realizado en la capítulo anterior, se pueden agrupar en dos tipos:

- i) Conexión a algún sistema generador:
 - Sistema generador local cercano
 - Sistema generador centralizado
- ii) Generación local de energía⁸:
 - Generadores convencionales en base a combustibles.
 - Generadores fotovoltaicos.
 - Generadores eólicos.
 - Microcentrales hidroeléctricas.

5.1.1 Conexión a sistema generador

Analizada y verificada la existencia de capacidad para la demanda actual y futura, se debe analizar la factibilidad de hacerla llegar a la localidad en estudio.

En este análisis se debe tener en cuenta la distancia entre la fuente generadora y la localidad, para considerar posteriormente los costos y las pérdidas que se dan por transmisión de energía eléctrica. Esta distancia debe ser medida en kilómetros, considerando los accidentes que pueda tener el terreno (cerros, ríos, bosques, etc) y que puede implicar que sea mayor que la distancia lineal entre ambos puntos.

⁸ Se mencionan sólo las más habituales, pero éstas no son las únicas alternativas.

También debe tenerse en cuenta, sobre todo en el caso de que la conexión se haga a un sistema de generación local cercano, que la capacidad de energía y potencia debe cubrir las necesidades actuales de la población con déficit, su crecimiento y las pérdidas contempladas en la extensión de la red.

La limitante más importante está dada por la capacidad de potencia del sistema cercano. La cantidad de Kw (medida de potencia) ociosos que existían debe ser mayor que la potencia requerida en la localidad en horas de punta. Este requerimiento se puede considerar entre 3 y 5 Kw por vivienda, a lo que deben agregarse las pérdidas por transmisión y distribución de la energía.

5.1.2 Generación local de energía

Los sistemas centralizados de escala nacional o regional no suelen abarcar todas las zonas rurales que carecen de energía eléctrica. Además existen localidades rurales insertas en regiones donde, a pesar de que se cuenta con un sistema abastecedor de gran escala, su distancia a este sistema o su baja densidad de demanda eléctrica haga poco factible, desde el punto de vista económico, la extensión de las redes para la conexión al sistema.

Para superar este problema se tiene como alternativa la generación de energía eléctrica a nivel local, es decir, que en la propia localidad se produzca la energía y potencia necesarias para satisfacer su demanda con algún método que permita el manejo y operación en la propia zona.

El método más ampliamente utilizado ha sido el de grupos generadores, sin embargo, en el último tiempo se han incorporado como alternativa métodos denominados "no convencionales", que permiten generar electricidad a partir de recursos energéticos naturales como el sol, el viento y los cauces fluviales, entre otros.

Muchos de estos métodos se han vuelto competitivos fundamentalmente por dos aspectos:

- un fuerte desarrollo en la investigación de las tecnologías correspondientes.
- una creciente disminución de los costos involucrados en los elementos constitutivos de estas tecnologías.

Además, para que estos métodos sean considerados al electrificar una localidad rural específica, se deberá cumplir con ciertos requisitos. En primer lugar, que exista una disponibilidad del recurso energético suficiente en calidad y cantidad en la región y, en segundo lugar, la conversión de la energía

de estas fuentes a electricidad debe ser llevada a cabo con técnicas simples en su ejecución, operación y mantención. A lo anterior, se agrega el problema de que alguna de estas tecnologías no satisfacen todos los requerimientos como lo hace la extensión de la red tradicional, por lo que se deberá estudiar que ellas sean adecuadas a las necesidades de una determinada población y se les deberá exigir un grado aceptable de confiabilidad en su funcionamiento.

Las tecnologías de generación local que se describirán a continuación son aquellas que se encuentran más habitualmente disponibles para solucionar el problema de electrificación. Ellas son: grupos generadores convencionales, generación fotovoltaica, generación eólica y micro centrales hidroeléctricas.

5.1.3 Grupos generadores convencionales

Este es uno de los métodos más utilizados para dotar a la población de energía eléctrica, en virtud de su probado éxito y su relativa facilidad de implementación.

En efecto, este método, que consiste básicamente en la generación eléctrica a partir de la energía mecánica, se utiliza un motor a combustión que mueve un generador. Esto implica la necesidad de alimentar constantemente el sistema con algún combustible apropiado al motor, el que para el caso de potencias de menor escala (de 50 a 500 kw) generalmente utiliza diesel o gas. Los motores de mayor capacidad, utilizados en las centrales termoeléctricas, utilizan como combustible petróleo o carbón. Así, ya instalado el sistema, el factor determinante para el suministro eléctrico a la población es el abastecimiento permanente del combustible. Por este motivo, es que en aquellas localidades rurales con malos accesos para el transporte del combustible con la frecuencia que es requerida para mantener un abastecimiento eléctrico aceptable, se haga poco factible su implementación, a pesar de que resulta de fácil manejo y operación. No obstante, en las localidades donde es utilizado, generalmente se racionaliza su uso, operándolos sólo en horarios de consumo estrictamente necesarios (especialmente a partir del crepúsculo y parte de la noche), y con una capacidad limitada suficiente sólo para las necesidades mas urgentes de la población, especialmente el alumbrado. Esto por cuanto, el costo que significa el abastecer permanentemente el sistema con combustible para su funcionamiento es relativamente alto, y la eficiencia de la conversión es más bien baja.

Otro factor a tener en cuenta en estos sistemas es su natural contaminación, producto de la combustión que se lleva a efecto para el funcionamiento del motor.

Este sistema contempla una inversión relativamente alta y costos operacionales significativos, además de la correspondiente mantención y reposición de las partes y piezas que van sufriendo desgaste. Sin embargo, es un método seguro y confiable y de fácil manejo que ha significado que sea el más ampliamente utilizado en las zonas rurales que no pueden ser abastecidos mediante la conexión a sistemas centralizados.

5.1.4 Generación fotovoltaica

Esta alternativa consiste en un ordenamiento en serie y/o paralelo, de celdas solares hechas de silicio u otro material semiconductor similar, encapsuladas en un material transparente, que convierten la energía solar incidente en electricidad.

Este conjunto de celdas encapsuladas constituyen el panel fotovoltaico, que presenta la ventaja de no tener que ajustarse a un tamaño mínimo o máximo ya que las economías de escala que pueden darse son mínimas.

El sistema es muy confiable ya que las celdas solares son elementos en estado sólido que no tienen partes móviles, y por tanto tienen muy baja probabilidad de desperfecto. Esto por cuanto la luz solar interactúa sólo con los electrones en la celda y no altera el material con que ésta está construida, por lo que las celdas pueden durar indefinidamente. Esta característica representa una gran ventaja respecto a los sistemas generadores tradicionales que tienen partes móviles que necesitan ser reemplazadas cada cierto período.

La vida útil de un sistema fotovoltaico está limitada sólo por el equipamiento e instalación de soporte y protección, el que puede durar entre 20 y 30 años.

La única mantención requerida es la remoción de polvo y suciedad con limpieza superficial y chorros de agua en las bases de los paneles, sobre todo en zonas con poca frecuencia de lluvias. El otro tipo de mantención es el reemplazo de las baterías de almacenamiento que son parte del sistema, este dependerá de las características del sistema pero habitualmente las baterías se reemplazan cada 4 años.

Las principales características, que hacen atractivos los sistemas fotovoltaicos para generación de electricidad en localidades rurales son:

- Modularidad del sistema, que redundará en una flexibilidad en la instalación y una reducción de las pérdidas y costos de líneas de transmisión y distribución.
- El hecho de que pueda recibir la energía solar no necesariamente en forma directa, por lo que es un recurso aprovechable en la mayor parte de las zonas que reciben radiación solar gran parte del año.
- La simplicidad de construcción de los sistemas y un bajo nivel de mantención requerido para su operación.
- Los beneficios para los usuarios en términos de operación sin ruido, confiabilidad y no contaminación por la no emisión de gases tóxicos ni humos.

Estos sistemas pueden ser mejorados a través de un "concentrador óptico" que actúa como lente de aumento, incrementando la cantidad de luz solar que llega al panel de 10 a 1000 veces. Esto requiere adicionalmente un sistema de tracción mecánico que mantenga el dispositivo con un ángulo óptimo al sol todo el día. Sin embargo, también representa un mayor nivel de mantenimiento para el sistema de enfoque automático y tiene la restricción de que debe recibir la radiación solar directa, por lo que a diferencia del sistema común se vuelve inapropiado en días brumosos, con radiación solar difusa. También es necesario tener en cuenta que estos sistemas presentan algunas limitaciones o restricciones, ya que no permiten la conexión de artefactos de gran potencia y muchas veces requieren la utilización de aparatos especiales, por ejemplo, ampolletas de alta eficiencia, que pueden no estar disponibles en forma fácil en las localidades que estamos considerando. Si bien los requerimientos de luminosidad o incidencia solar, serán distintos dependiendo del tipo de panel y los consumos que se pretendan satisfacer, se estima que la radiación promedio del año deberá exceder los 4 kwh/m² día (salvo para potencias muy pequeñas) y no experimentar variaciones demasiado significativas entre los meses de mayor y menor incidencia solar. En todo caso, la factibilidad técnica deberá ser evaluada por personal calificado en esta materia.

5.1.5 Microcentrales hidroeléctricas

Una de las formas de generación de energía potencialmente más abundante en la región es la hidroeléctrica, que consiste en la generación de energía eléctrica a partir de corrientes de agua, generalmente de cauces fluviales.

Esta tecnología de conversión de energía hidráulica a electricidad tiene mucho tiempo de desarrollo y presenta una gran madurez tecnológica. Está basada en el aprovechamiento de la fuerza de las corrientes que pasan por turbinas hidráulicas conectadas a generadores que la transforman en energía eléctrica.

Las microcentrales centrales hidroeléctricas tienen un alto costo de construcción, por lo que su utilización sólo ha sido factible hasta el momento en lugares que requieren una producción relativamente alta (sobre los 20 ó 30 MW).

Sin embargo, el largo tiempo de desarrollo que ha tenido este método de aprovechamiento energética, el avance tecnológico correspondiente y la reducción de costos (principalmente de materiales y de estudios de diseño y preingeniería), hacen posible que esta modalidad también se pueda considerar para demandas menores y, por tanto, para corrientes fluviales de menores caudales, los que son relativamente abundante en muchas zonas rurales de la región.

En efecto, la introducción de las turbinas estandarizadas y toda la preingeniería ya desarrollada, es fácilmente accesible, a esto se suma la simplificación de las construcciones e instalaciones que han logrado implementar con éxito, en algunas áreas rurales de la región, mini o microcentrales hidroeléctricas con capacidades de generación moderada, permitiendo el suministro a un poblado o asentamiento relativamente pequeño.

Estas microcentrales, son en general del tipo filo de agua (run of river) y lo que hacen es desviar parte de los caudales de los ríos para alimentar las turbinas y posteriormente devolver esas aguas a su cauce natural. Este factor las hace convenientes también desde el punto de vista medioambiental, ya que a diferencia de algunas grandes centrales no requieren almacenar el agua en embalses artificiales, que pueden romper o deteriorar algún ecosistema.

Este mecanismo de generación eléctrica es de todas maneras de un relativo alto nivel de inversión, sin embargo, sus costos de operación son significativamente más bajos en comparación a la generación térmica convencional. Además el suministro es confiable desde el punto de vista de la seguridad, permite las mismas aplicaciones que la extensión de la red tradicional y el abastecimiento es continuo, salvo situaciones de sequía no previstas. Las microcentrales tienen una larga vida útil y su eficiencia es aceptable para los niveles de producción que se tratan en este documento.

5.1.6 Generación eólica

Otro de los sistemas no convencionales que han surgido en el último tiempo como alternativa de solución para la electrificación de zonas rurales, es la generación por medio del aprovechamiento de la fuerza del viento. La utilización de este recurso no se ha promovido lo suficiente, sólo encontramos su aplicación en casos muy particulares y algunas experiencias un poco más frecuentes en el bombeo de agua a través de molinos de viento. Pero sin duda, no se ha aprovechado todo el potencial que presentan algunas zonas de la región. Se sabe que la velocidad del viento varía según la altura donde se registra y la energía lo hace en una función cúbica a las variaciones de velocidad. Las leyes empíricas para la exploración de las velocidades a otras alturas sobre el nivel del suelo, obtenidas en un lugar, no son válidas para otro lugar. Es importante conocer el comportamiento vertical del viento, ya que si bien, viento y energía aumentan con la altura, aumentan también los costos de instalación y mantenimiento de las máquinas que aprovechan el recurso. Estos aumentos no son proporcionales, por lo que se requiere de estudios de preinversión que mida con exactitud el recurso viento en toda la zona, ya que la medición en un lugar específico puede ser completamente distinto a otro punto ubicado a menos de un kilómetro de distancia. De esta forma, sólo teniendo un acabado mapa eólico de la zona se podrá tener la ubicación correcta de la o las turbinas y aspas requeridas para el aprovechamiento del recurso.

La naturaleza intermitente de la energía eólica requiere en algunas oportunidades la provisión de sistemas de energía auxiliares o de respaldo y de adecuadas baterías de almacenamiento.

Las principales ventajas de los sistemas eólicos son que producen un mínimo impacto ambiental y que utiliza un recurso inagotable que no tiene un costo directo (precio). Esto lo hace una muy buena alternativa para electrificar áreas rurales, que presentan una buena incidencia de vientos de una magnitud importante, ya que en la medida que el recurso sea abundante se puede evitar el costo del estudio de medición eólica y localización de turbinas, logrando con esto reducir significativamente la inversión. Lo anterior sumado a los bajos costos de operación y mantención hacen de la generación eólica una alternativa factible de analizar en la preparación y evaluación de un proyecto de electrificación rural.

5.1.7 Otras tecnologías

Además de las tecnologías descritas, existen otras que permiten la producción de energía eléctrica a partir de fuentes energéticas naturales como: el calor interno de la tierra (geotermia), los gases de desechos orgánicos (biomasa), que podrán ser utilizados para electrificar áreas rurales alejadas de los

sistemas abastecedores o que no cuentan con los recursos energéticos necesarios para las alternativas señaladas. Esto será posible, en la medida que los costos de inversión y producción asociados a ellas vayan disminuyendo.

5.2 Preselección de alternativas

De las cinco alternativas descritas en el punto anterior, puede haber algunas que antes de cualquier consideración de costos, sean descartables, debido a que no se cumplen las condiciones que son imprescindibles para su desarrollo.

En el cuadro 7 se pueden apreciar, para cada una de las tecnologías descritas, los factores que son requisitos indispensables para su implementación.

En efecto, el análisis de las características geográficas, climáticas y ambientales de la zonas rurales carentes de servicio eléctrico, así como las condiciones que requieren los sistemas alternativos de generación, permitirán establecer aquellas tecnologías que son factibles de implementar en la zona específica.

Así veremos que en zonas demasiado aisladas, con escasas o deficientes rutas de acceso, no será factible considerar los grupos generadores convencionales, por la imposibilidad de alimentarlo constantemente con el combustible requerido. Si la zona en estudio es demasiado lluviosa o con poca incidencia de los rayos del sol, será poco factible la instalación de generadores fotovoltaicos, pero tal vez sea muy adecuada la instalación de microcentrales hidroeléctricas, si es que existe una gran cantidad de cauces fluviales que además presenten desniveles. Así también, será poco probable pensar en implementar generadores eólicos si la existencia de cerros o montañas impide el paso de los vientos, recurso imprescindible para este tipo de alternativa.

Si bien se puede descartar fácilmente aquellas alternativas que requieran un recurso natural que es claramente no existente. La situación contraria, es decir, la existencia de este recurso, no nos asegura que es posible implementar la tecnología asociada a él. Este juicio deberá ser emitido por un experto, ya que las condiciones mínimas de aplicabilidad deben estar presentes en forma permanente o por lo menos una parte importante del tiempo de operación, de lo contrario, el proyecto probablemente fracasará, debido a que no se podrá suministrar energía en forma constante o los costos de los equipos

complementarios de respaldo pueden ser demasiado altos. La extensión de redes será siempre la alternativa más factible de implementar en la medida que exista un sistema centralizado en las proximidades de la zona en estudio.

La siguiente etapa será analizar los costos y beneficios que reportan cada una de las alternativas preseleccionadas, lo que permitirá definir la más conveniente para la situación particular que se este estudiando. Esta evaluación es el tema principal que se tratará en el siguiente capítulo.

Cuadro 7
Factores no Económicos Necesarios para El Desarrollo
De Alternativas de Electrificación

Alternativa	Condiciones geográficas	Condiciones climáticas	Condiciones ambientales	Condiciones técnicas u otras
Generador convencionales con combustibles	Facilidad de acceso periódico para carga de combustible		Buena forma de eliminar o reducir contaminación acústica y/o ambiental	Suministro de repuestos y habilidades para la mantención
Generador fotovoltaico	Zonas no boscosas o con accidentes que impidan la llegada directa del sol.	Incidencia solar en la mayor parte del día y del año. Cielos claros.		Capacitación a los usuarios, en el uso y mantenimiento de los paneles
Generador eólico	Zonas no boscosas o con accidentes que impidan la llegada del viento.	Incidencia de vientos de envergadura en forma relativamente constante en el año.		Factibilidad de implementar otras formas de abastecimiento de respaldo para superar problema de la intermitencia.
Microcentrales hidroeléctricas	Existencias de ríos y cauces con una importante historia hidrográfica.	Condiciones que aseguren la existencia permanente del recurso hídrico.	Que las potenciales alteraciones de los cauces, no provoquen efectos negativos de importancia, en otras zonas o actividades.	Suministro de repuestos y habilidades para la mantención. Derechos de agua regularizados
Extensión de redes	Zonas sin muchos accidentes geográficos que puedan dificultar el tendido eléctrico.			Distancia entre conexiones en baja tensión no más allá de 500 m. por las pérdidas

6 Evaluación del proyecto

En las secciones anteriores se ha desarrollado el procedimiento a través del cual se ha logrado hacer una selección preliminar de alternativas y un dimensionamiento de los requerimientos esenciales del proyecto. Este capítulo está dedicado a la evaluación económica de las alternativas planteadas. Al realizar esta evaluación, estaremos en condiciones de decidir cual de las alternativas es la más conveniente para dotar de energía eléctrica a la población beneficiaria. La primera parte, muestra el marco teórico en que se basa la metodología de evaluación y luego, se entrega el procedimiento para cuantificar los beneficios y costos que genera el proyecto, logrando así, determinar su rentabilidad, tanto desde una perspectiva privada como social.

6.1 Marco teórico

La decisión de invertir en un proyecto de electrificación rural, se tomará al conocer el flujo de beneficios y costos que generará la implementación y operación de dicho proyecto durante su vida útil. Este enfoque es conocido como "Evaluación Costo - Beneficio".

6.1.1 Enfoque privado

Desde una perspectiva privada, el agente evaluará la conveniencia de llevar adelante la iniciativa de invertir, proyectando todos los ingresos que recibirá como resultado de la provisión de un determinado bien o servicio, descontando los costos asociados al proyecto⁹. Si la iniciativa aumenta su riqueza, él decidirá invertir, en caso contrario el agente no llevará a cabo el proyecto.

* Beneficios privados

Los beneficios privados (BP) serán los ingresos recibidos por el proveedor de energía, originados principalmente por los cobros de energía y potencia. Todo ingreso recibido por el inversionista privado,

⁹ Como los beneficios y costos se producen en distintos momentos del tiempo, no es correcto realizar la suma directa de ellos, ya que un dólar hoy tiene un valor mayor que un dólar en tres o diez años más. Para salvar este problema, efectuaremos la suma de beneficios y costos en valores actualizados, es decir, transformaremos los beneficios y costos que se produzcan en el futuro a valores de hoy (comparables). Para conocer los valores actuales apartir de los valores futuros, utilizaremos una "tasa de descuento" y así, podremos conocer el valor actual neto (beneficios menos costos actualizados) que origina la realización del proyecto. La sección 6.4 "Evaluación" mostrará los detalles del cálculo de la actualización de valores y la obtención del valor actual neto (VAN).

como consecuencia de la ejecución del proyecto deberá ser contabilizado como beneficio privado. La medición de este beneficio se realizará a precios de mercado (incluyendo impuestos, aranceles o subsidios).

*** Costos privados**

Los costos privados (CP) estarán representados por todos los costos en que incurra el proveedor de energía para suministrar el servicio eléctrico a los consumidores. Se distinguirán principalmente los costos de inversión, operación y mantención.

Los costos de inversión involucran todas las instalaciones y equipos necesarios para proveer la energía eléctrica. En el Anexo 1, se muestran los principales componentes de inversión para cada una de las alternativas de solución que se han identificado.

Los costos de operación y mantención son todos aquellos desembolsos necesarios para lograr que el sistema entregue el suministro eléctrico en forma adecuada, durante toda la vida útil del proyecto. Tanto los ingresos (beneficios) como los costos privados se deberán medir a precios de mercado, es decir, al precio real que paga y recibe el proveedor de energía, incluyendo impuestos, aranceles o subsidios.

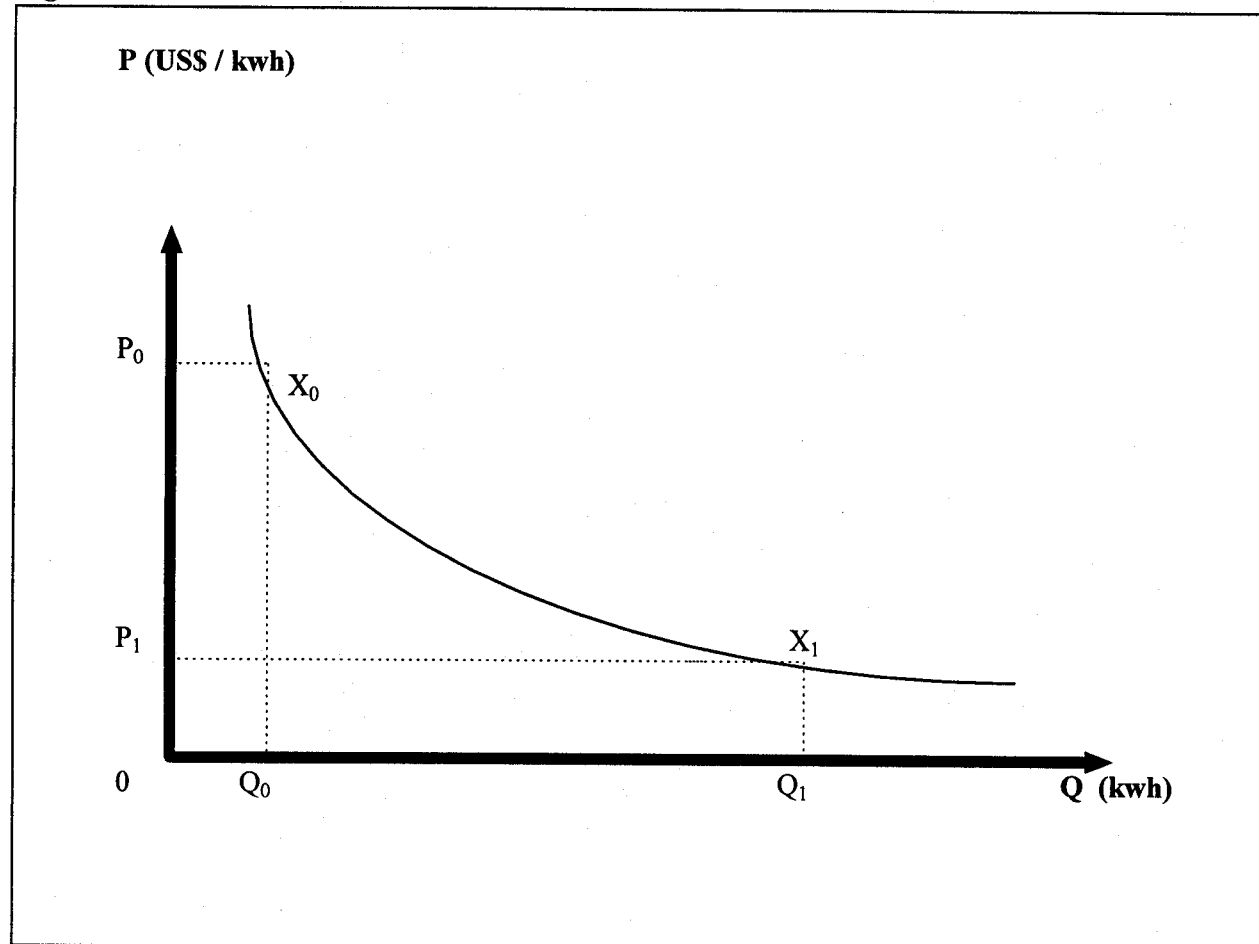
6.1.2 Enfoque social

El Estado como representante de la sociedad, decidirá fomentar aquellas iniciativas de inversión que logren incrementar el bienestar social, es decir, aquellas en que los beneficios de todos los participantes o afectados por el proyecto superen los costos generados a la sociedad como un todo. En este sentido, es necesario, identificar y cuantificar los beneficios y costos sociales. Para ello la teoría económica, plantea que se puede medir el beneficio social de un proyecto, a través del cambio en el bienestar de las personas producto de la ejecución de dicho proyecto.

a) Beneficios sociales bruto residenciales (BSB_{res})

Para identificar los beneficios sociales que reciben los consumidores residenciales, analizaremos su demanda por energía eléctrica. Podemos representar la situación de un consumidor individual (una vivienda, residencia o casa), en un esquema como el que muestra la Figura 1.

Figura 1



En el punto de consumo X_0 (situación sin proyecto), el individuo satisface sus necesidades de electricidad a través de fuentes o energías sustitutas (pilas, baterías, combustibles). En X_0 el individuo consume Q_0 unidades de energía a un precio unitario P_0 por unidad. Con la realización del proyecto él podrá acceder a la utilización de energía eléctrica, ubicándose en un punto de consumo X_1 (situación con proyecto), en dicho punto el individuo consumirá más unidades de energía (Q_1), ya que tiene acceso a un precio menor por unidad (P_1).

El esquema presentado en la Figura 1 se basa en dos supuestos metodológicos:

1. El consumo de energía sustituta, en la situación sin proyecto (X_0), se puede representar como un punto en la curva de demanda de energía eléctrica. Para ello, será necesario transformar el consumo de las energías sustitutas en su equivalente a las unidades de energía eléctrica (kWh/mes).

2. A través de la identificación de dos puntos de consumo, vale decir X_0 y X_1 , se puede construir la curva demanda relevante, asumiendo que dicha curva de demanda presenta una elasticidad constante en el rango de interés. La función que define la curva de demanda presentada en la figura 1, es:

Fórmula 1

$$Q = a * P^e$$

Donde:

- Q : consumo de energía, en su equivalente en [kWh/mes].
- a : constante que representa otras variables distintas del precio de la energía, y que afectan la cantidad demandada, como por ejemplo el nivel de ingresos, las preferencias de los consumidores, etc. [adimensional].
- P : precio de la energía, en [US\$/kWh].
- e : elasticidad precio de la demanda¹⁰ a [dimensional].

La teoría económica nos indica que se puede valorar el bienestar de un individuo, producto del desplazamiento del punto de consumo, cuantificando el área bajo la curva de demanda por el bien o servicio desde el punto de consumo inicial (X_0) al punto de consumo final (X_1). Este beneficio lo denominaremos “*beneficio bruto por aumento de consumo*” y representa la valoración, expresada en términos monetarios, que da el individuo al mayor consumo que puede realizar¹¹. Gráficamente, está representado por el área $X_0X_1Q_1Q_0$.

Por otra parte, se registrarán beneficios para la sociedad por dejar de utilizar recursos para la antigua cantidad consumida (Q_0). En otras palabras, se liberan estos recursos (pilas, kerosene, baterías),

¹⁰ La elasticidad de la demanda se define como el cambio porcentual en la cantidad demandada dividido por el cambio porcentual en el precio (la elasticidad de demanda tiene valor negativo). Por lo tanto, es una medida de sensibilidad del comprador, que indica como reacciona su consumo frente a un cambio en el precio del bien o servicio considerado. En este caso estamos asumiendo que en el rango relevante para los consumos rurales, la reacción es proporcionalmente la misma para cualquier cambio en el precio.

¹¹ La altura de la curva de demanda de un consumidor refleja la valoración su consumo. Mientras mayor sea la valoración que tiene del bien, mayor será la demanda y gráficamente la altura medida desde el eje de las abscisas será mayor. En otras palabras mayor será su disposición a pagar por cada unidad que consume.

dejándose de incurrir en los gastos asociados a ellos. Estos beneficios los denominaremos “*beneficios brutos por liberación de recursos*” y están representados gráficamente por el área $P_0X_0Q_0$ ¹². Los beneficios sociales brutos residenciales (BSB_{res}), serán la suma de los *beneficios brutos por aumento de consumo* más los *beneficios brutos por liberación de recursos*. Para medir monetariamente los BSB_{res} , debemos cuantificar las áreas señaladas anteriormente, así el BSB_{res} queda determinado por la siguiente expresión:

Fórmula 2

$$BSB_{res} = P_0 * Q_0 + \int_{Q_0}^{Q_1} \left(\frac{Q}{a} \right)^{1/e} dp$$

La primera parte de la ecuación ($P_0 * Q_0$) mide el beneficio bruto por liberación de recursos (área $P_0X_0Q_0$) y la integral mide el área bajo la curva entre Q_0 y Q_1 , es decir el beneficio bruto por aumento en el consumo. Al resolver la integral encontraremos la expresión que nos permitirá medir los BSB_{res} del proyecto. Podemos encontrar dos soluciones dependiendo del valor de “e” considerado. Las ecuaciones 3 y 4 reflejan esta situación:

Fórmula 3: Para e diferente a -1

$$BSB_{res} = P_0 Q_0 + e \frac{Q_1^{(1+e)/e} - Q_0^{(1+e)/e}}{(1+e)a^{1/e}}$$

Fórmula 4: Para e igual -1

$$BSB_{res} = P_0 Q_0 + e (\ln Q_1 - \ln Q_0)$$

La aparente complejidad que se presenta en la cuantificación de los beneficios residenciales por aumento de consumo, se debe exclusivamente a la forma de la curva demanda que se ha considerado. Para una mejor comprensión de la forma en que se calculan los beneficios sociales se puede recurrir al apartado 4,

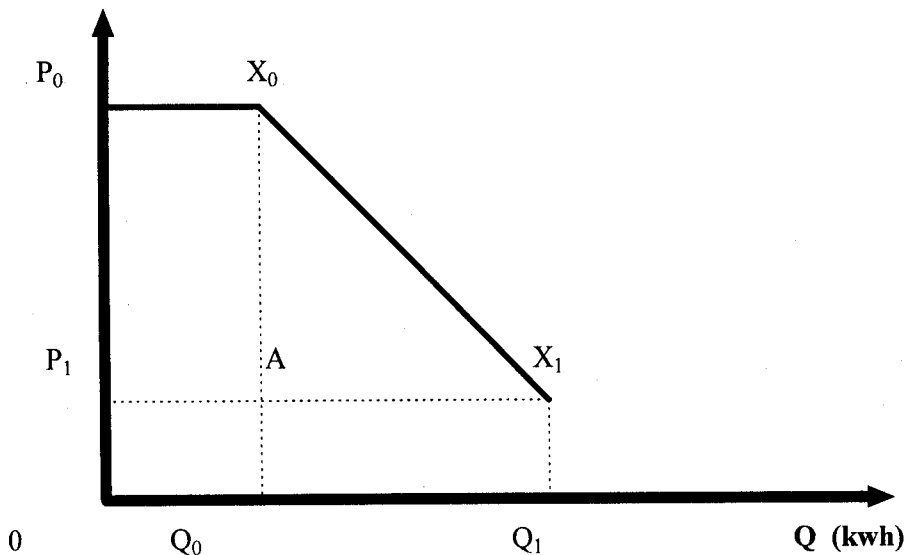
¹²

Se denominan beneficios brutos ya que no hemos descontado los nuevos costos que implica sustituir esa cantidad de energía ($P_1 * Q_0$). Al sustraer los costos de la situación con proyecto, obtendremos “el ahorro neto de costos” que implica

en que se deducen dichos beneficios suponiendo que la curva de demanda residencial es lineal en el tramo en que aumenta el consumo (entre Q_0 y Q_1).

APARTADO 4

P (US\$ / kwh)



En el caso que muestra la figura, los beneficios sociales brutos por liberación de recursos, al igual que en la Figura 1, estarán representados por el área $P_0X_0Q_00$. Matemáticamente se pueden expresar como:

Beneficios sociales brutos por liberación de recursos = $P_0 * Q_0$

Por su parte, los beneficios sociales brutos por aumento de consumo, quedarán representados por el área bajo la curva de demanda, entre los puntos de consumo Q_0 y Q_1 , situaciones sin y con proyecto, respectivamente. Matemáticamente, lo podemos expresar como la suma de las áreas del triángulo (X_0X_1A) y el rectángulo $(AX_1Q_1Q_0)$. Por lo tanto:

Beneficio social bruto por aumento de consumo =

$$\frac{(P_0 - P_1) * (Q_1 - Q_0)}{2} + P_1 * (Q_1 - Q_0)$$

De esta forma, el Beneficio Social Bruto Residencial será:

$$BSB_{res} = P_0 * Q_0 + \frac{(P_0 - P_1) * (Q_1 - Q_0)}{2} + P_1 * (Q_1 - Q_0)$$

Conceptualmente, la forma de cuantificar los beneficios de este tipo, es idéntica a la presentada en la sección 6.1.2, sólo cambia la forma de la curva de demanda considerada. A la luz de este ejercicio pareciera más simple adoptar la curva de demanda presentada en este ejemplo, sin embargo, la evidencia empírica nos indica que el comportamiento de los consumidores no se ajusta al de una curva de demanda rectilínea, sino más bien, avala la utilización de una curva con elasticidad constante como la que se presenta en la fórmula 1.

cambiar las fuentes sustitutas de energía por energía eléctrica. Estos ahorros de costos serán los beneficios netos por liberación de recursos.

b) Beneficios sociales de actividades productivas (BSB_{ap})

En aquellos casos en que el proyecto beneficie a actividades productivas, será necesario medir el impacto del proyecto en el bienestar de los productores, éste se refleja en los aumentos de ingresos o reducciones de costo que se logren con la llegada de la energía eléctrica. Se distinguirán dos tipos de beneficios para las actividades productivas:

Liberación de recursos (BSB_{lr})

Este tipo de beneficios se registrará en aquellas situaciones en las que el productor, antes de la realización del proyecto, ya contaba con un “sistema alternativo” que sustituye la utilización de energía eléctrica, por ejemplo, un motor a combustible que se utiliza para bombear agua. Al existir disponibilidad de energía eléctrica (a un costo menor por unidad de energía que el combustible), el productor reemplazará su sistema, con lo cual realizará un ahorro de recursos, al no tener que incurrir en los costos de operación, mantención y reemplazos del antiguo equipo. También habrá un beneficio por la venta de dicho equipo al inicio del proyecto. La suma de estos ahorros de costos, constituirán *los beneficios sociales brutos por liberación de recursos del sistema alternativo (BSB_{lr})*.

Aumentos de productividad (BSB_{prod})

Estos beneficios se medirán cuando como resultado de la introducción de energía eléctrica en alguna actividad productiva, se logren aumentos de producción y con ello, el consiguiente aumento en el ingreso del productor. En el ejemplo entregado en el párrafo anterior, el productor contaba con un “sistema alternativo”, que proveía de la electricidad necesaria para efectuar el riego. En el caso de aquellos productores que no cuentan con este sistema, la disponibilidad de agua dependerá fuertemente de las condiciones climáticas o del paso cercano de alguna fuente hídrica. Al instalar un motor eléctrico para el regadío, se pueden lograr incrementos importantes en la producción, ya que se puede optimizar el uso del agua. Los ingresos adicionales que se logren producto de la utilización de electricidad serán los *beneficios sociales brutos por aumento de productividad. (BSB_{prod})*.

En el caso en que en la situación sin proyecto, exista un sistema alternativo y que con la llegada del suministro eléctrico (situación con proyecto), se logren aumentos en los ingresos debido a una mayor producción, se deberán contabilizar los dos tipos de beneficios mencionados, es decir, “liberación de recursos” (ahorro de costos) para la antigua cantidad producida y “aumentos de productividad” en la producción adicional.

Por lo tanto, los beneficios brutos totales de actividades productivas (BSB_{ap}) serán:

Fórmula 5

$$BSB_{ap} = BSB_{ir} + BSB_{produ}$$

Como se señaló al comienzo de esta sección, la evaluación social se realizará considerando los beneficios y costos de todos los integrantes de la sociedad (afectados por el proyecto). Por lo tanto, deberíamos considerar todos los beneficios y costos sociales derivados de la ejecución del proyecto para los consumidores residenciales, los productores (actividades productivas) y para el agente privado que provee la energía.

Sin embargo, se debe notar que el beneficio para el agente privado (BP) es exactamente igual a la suma de los pagos (costos) por energía eléctrica de los consumidores residenciales ($Cres$) y de las actividades productivas (Cap). Por lo tanto, al realizar la suma neta de beneficios y costos sociales, estos montos se anularán, por lo que no es necesario cuantificarlos específicamente para realizar la evaluación social. Los recursos que no alteran el bienestar neto de la sociedad se denominarán “transferencias”, y representarán recursos que pasan de un agente a otro, sin generar aumentos de riqueza o costos adicionales para la sociedad.

La situación descrita la podemos ver más claramente al expresar las relaciones que definen el beneficio social neto total de la sociedad (BSN), que representa los beneficios sociales brutos (BSB) menos los costos sociales (CS).

Fórmula 6

$$BSN = BSB - CS$$

Fórmula 7

$$BBS = BP + BSB_{res} + BSB_{ap}$$

Fórmula 8

$$CS = CP - CS_{res} - CS_{res}^* - CS_{ap} - CS_{ap}^*$$

Donde:

CP	:	Costos privados (agente proveedor de energía).
CS _{res}	:	Costos residenciales por pagos de energía eléctrica.
CS _{res} [*]	:	Costos residenciales distintos del pago de electricidad que genera el proyecto.
CS _{prod}	:	Costos de las actividades productivas por pago de electricidad.
CS _{prod} [*]	:	Costos productivos distintos al pago de electricidad que genera el proyecto.

Al restar los beneficios sociales brutos totales (fórmula 7) menos los costos sociales (fórmula 8), se anularán los beneficios privados con los costos de electricidad de los consumidores residenciales y de las actividades productivas. La expresión que definirá los beneficios sociales netos será:

Fórmula 9

$$BSN = BSB_{res} + BSB_{ap} - CP - CS_{res}^* - CS_{produ}^*$$

En virtud de lo anterior, tampoco se considerarán en la evaluación social, los efectos que pueda originar el proyecto en el Estado o Fisco (otro agente potencialmente afectado por el proyecto), ya que sus ingresos que están representados por los impuestos que recauda, significan un costo para quien los paga. Por su parte, los posibles costos en que incurra el Estado, que son principalmente subsidios representan un beneficio para quien los recibe. Por lo tanto, en el balance neto en la sociedad los efectos se anulan, representado sólo “transferencias” desde una perspectiva social. Por esta razón, la evaluación social de proyectos se realiza “excluyendo impuestos y subsidios”.

Costos sociales

Los costos sociales relevantes para la evaluación social, considerarán los costos privados (CP), los costos residenciales y de actividades productivas (originados por el proyecto) distintos de los pagos por electricidad, C_{res}^* y C_{ap}^* respectivamente.

Los costos privados (CP) fueron detallados en la sección 6.1.1. Con respecto a los costos residenciales distintos del pago por electricidad (C_{res}^*), asumiremos que no existen ($C_{res}^*=0$). Estos costos están representados por todos aquellos gastos que origina el proyecto, para poder hacer uso de la energía eléctrica, es decir, los artefactos como televisores, radios, lámparas, etc. Suponemos que el porcentaje más importante de estos artículos ya existen antes de la llegada de la energía eléctrica y son alimentados por fuentes alternativas, como son baterías, combustible, pilas, etc. Los artículos tales como ampolletas y faroles representan un porcentaje muy bajo de estos costos y resulta difícil aproximar el monto de gasto en ellos durante la vida del proyecto por lo que se desestimarán para efectos de la evaluación.

Sin embargo, los costos de las actividades productivas distintas de la electricidad es de suma importancia incorporarlos en la evaluación, en caso contrario estaríamos provocando una gran sobre-estimación de los beneficios sociales. Considérese como ejemplo, que con la llegada de electricidad la producción aumenta en una unidad, que se puede vender en el mercado a un precio de US\$ 10. Estos últimos serán considerados como un beneficio social bruto derivado de la actividad productiva. Sin embargo el costo de producir esa unidad, que incluye el pago a la mano de obra e insumos adicionales es de US\$ 8 (C_{ap}^*), que si no fuera considerado estaríamos sobreestimando precisamente en ese monto el beneficio social neto.

Por otra parte, las inversiones necesarias para implementar la energía eléctrica en las actividades productivas, en la mayoría de los casos son de un monto no despreciable.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, el esquema que se propone para la medición de los costos sociales (CS) estará representado por la suma de los costos privados (CP) y los costos de actividades productivas distintos del pago de energía eléctrica (C_{ap}^*).

Fórmula 10

$$CS = CP + C_{ap} *$$

Por lo tanto la medición de los beneficios sociales netos (BSN) para cada año se podrá estimar como:

Fórmula 11

$$BSN = BSB_{res} + BSB_{ap} - CP - C_{ap} *$$

Las secciones siguientes estarán dedicadas principalmente a los detalles de la cuantificación de estas variables, a través de las cuales podremos determinar la conveniencia social de un proyecto de electrificación.

6.2 Cuantificación de beneficios**6.2.1 Beneficios privados**

Los beneficios privados corresponden a los ingresos que percibirá la empresa u organización proveedora de electricidad por el suministro de dicho energético a los consumidores.

La estructura tarifaria a usar será la relevante o vigente en la zona del proyecto, o en su defecto aquella de la zona más cercana que cuente con suministro de energía eléctrica. En todo caso se deberá utilizar la tarifa real que pagarán los consumidores, considerando además todo cargo adicional que represente ingresos para el proveedor.

EJEMPLO 4

La empresa privada “Luz Ltda.” que proveerá energía en la localidad de Cerro Alto, recibirá como ingreso la tarifa o precio unitario de la energía (en US\$/kwh) por cada unidad de energía consumida en la localidad. Recordando el Ejemplo 3, el precio de la energía y el consumo en la situación con proyecto se asimiló, para efectos de esta evaluación, a la localidad de Cerro Bajo. El precio (P_1) por unidad de energía es 0,25 US\$/kwh y el consumo mensual que se espera para una familia en Cerro Alto es 33,5 kwh/mes. A esto se debe agregar el consumo de electricidad para regadío (450 kwh/mes). De esta forma, el ingreso de la empresa “Luz Ltda.” para el primer año (con 50 familias) será:

Ingreso por consumo residencial	:	US\$ 5.025	$(0,25 * 33,5 * 50 * 12)$
Ingreso por consumo productivo	:	US\$ 1.350	$(0,25 * 450 * 1 * 12)$
Total ingreso año 1	:	US\$ 6375	$(5.025 + 1.350)$

Los ingresos de los siguientes años se calcularán suponiendo (para este ejemplo) que se mantienen constantes el precio de la energía, el consumo por familia y el consumo productivo. En este escenario, los ingresos crecerán exclusivamente por el aumento en el número de familias. Por ejemplo en el año 2000, con una tasa de crecimiento poblacional de 2% habrá 73 familias conectadas en Cerro Alto, generando un ingreso por consumo residencial de US\$ 7.337 para ese año $(0,25 * 33,5 * 73 * 12)$ se debe agregar a este último, el ingreso por consumo productivo, el ingreso total para “Luz Ltda.” en el año 2000 será US\$ 8.678.

Nota: En este ejemplo, el ingreso se genera sólo por el cobro de la energía consumida. Si existiese otro cobro a los usuarios, ya sea por potencia, instalación, cargos fijos, mantención u otro, deberá agregarse a los ingresos privados en el momento que se hagan efectivos.

6.2.2 Beneficios sociales**a) Consumidores residenciales**

Estos beneficios corresponden a los que recibe cada familia directamente por el hecho de contar con el servicio para el uso residencial. Es decir la cuantificación corresponderá a la valoración que le dan las personas a: cambiar una iluminación a velas o lámparas a kerosene por lámparas o ampolletas eléctricas, poder utilizar artefactos como son planchas, televisores, radios y otros por un período de tiempo que no esté limitado por la duración de pilas o baterías. En resumen, el beneficio corresponde a la mayor disponibilidad por consumir más electricidad y por disfrutar de un servicio más seguro y de mejor calidad. Se valorará el beneficio bruto de los consumidores residenciales, asociados al aumento de consumo de energía eléctrica, como el área bajo la curva de demanda (ver gráfico en el apartado 4) entre los puntos X_0 y X_1 que representan las situaciones sin proyecto (no existe energía eléctrica) y con proyecto (cuando existe energía eléctrica) y están definidos por los pares (P_0, Q_0) y (P_1, Q_1) respectivamente.

Situación sin Proyecto (P_0 , Q_0)

La información relevante para la determinación tanto del precio como de la cantidad consumida en esta situación, deberá obtenerse a través de encuestas realizadas en la zona objeto del proyecto. En dichas encuestas, se deberá averiguar los consumos de energía sustituta, es decir, cuantas unidades de velas, pilas, baterías, kerosene o algún otro tipo de energético se utilizan con fines de iluminación, entretención u otro uso residencial. Del mismo modo, para cada una de las fuentes sustitutas de energía identificadas, se deberá reportar el gasto en dinero realizado, lo que permitirá determinar el gasto total en energía sustituta (G).

Una vez recabada esta información, será necesario transformar los consumos de energía sustituta a su equivalente en energía eléctrica, es decir, en kwh. Con este fin, el cuadro 8 muestra los factores de conversión que deberán ser utilizados, para cada una de las fuentes sustitutas de energía.

CUADRO 8

ELEMENTO ENERGÉTICO	SUPUESTOS DE CÁLCULO	FACTOR DE CONVERSIÓN
Velas	Capacidad lumínica 18 watts Duración 2.5 horas	$F_{vela} = 0.045 \text{ kWh/vela}$
Lámparas a Kerosene	Consumo 0.5 lts. cada 4 horas Capacidad lumínica 100 watts	$F_{kerosene} = 0.8 \text{ kWh/Kerosene}$
Grupos electrógenos a: Bencina	Equipo de 3KVA 1.2 lts/hr. de requerimiento	$F_{bencina} = 1.211 \text{ kWh/litro}$
Diesel	Equipo de 10KVA 2.25 lts/hr. de requerimiento	$F_{diesel} = 1.995 \text{ kWh/litro}$
Pilas	Pilas alcalinas Aparato de 3 watts con 4 pilas Duración 5 horas	$F_{pilas} = 0.056 \text{ kWh/pila}$
Baterías	Batería 12 voltios 16 amperes hora	$F_{bateria} = 0.192 \text{ kWh/bateria}$

Una vez obtenidos los valores de consumo equivalentes, bastará sumar los ítem considerados para obtener el consumo total de energía en la situación sin proyecto (Q_0) en kWh/mes.

A partir del resultado anterior, lograremos determinar el precio de la situación sin proyecto (P_0), a través de la siguiente ecuación:

Fórmula 12

$$P_0 = \frac{G \text{ (US\$ / mes)}}{Q_0 \text{ (kWh / mes)}}$$

EJEMPLO 5

En la localidad de Cerro Alto se realizó una encuesta para determinar el consumo de energía sustituta en la situación sin proyectos, estos datos se registraron en el Ejemplo 2. recordando esa información y transformando el consumo de energía sustituta a energía equivalente utilizando los factores entregados en el cuadro 8 se tiene:

Energéticos Sustitutos	Factores de Conversión	Energía equivalente kwh
20 velas	0,045	0,900
10 litros de kerosene	0,8	8,000
1 carga de batería	0,192	0,192
12 pilas	0,056	0,672

Por tanto, el total de energía equivalente consumida en la situación sin proyecto $Q_0 = 9,764$ kwh.

Si recordamos la información recolectada en el Ejemplo 2, ésta nos indica que el gasto total en energía sustituta (G) es de US\$ 201 por familia. Con ello podemos obtener $P_0 = G / Q_0$, que representa el precio unitario de la energía equivalente, consumida en la situación sin proyectos. Este valor es en este caso $P_0 = \text{US\$ } 2,059$.

Situación con proyecto (P_1, Q_1)

El precio de la electricidad en la situación con proyecto (P_1), será la tarifa real cobrada a los usuarios por unidad de energía, es decir, el precio unitario del kWh.

La cantidad de energía consumida por los usuarios una vez implementado el proyecto (Q_1), puede ser estimado a través del estudio de alguna localidad que ya cuenta con suministro de energía eléctrica y que

tenga características similares a la estudiada. Para aquellos sistemas de generación que tengan limitaciones de suministro, el valor de Q_1 , será la capacidad de generación para la cual ellos fueron diseñados.

EJEMPLO 6

Para el proyecto que se está utilizando como ejemplo, es decir, la instalación de energía eléctrica en la localidad “Cerro Alto”, los valores de P_1 y Q_1 se obtuvieron de la localidad similar “Cerro Bajo” (Ejemplo 3). Los valores relevantes para utilizar en la evaluación serán:

$$P_1 = \text{US\$ } 0,25$$

$$Q_1 = 33,5 \text{ kwh/familia/mes}$$

Una vez estimados los valores de las variables que definen las situaciones sin y con proyecto, sólo resta por determinar los valores de los parámetros a y e , para dejar completamente especificada la curva de demanda. Los valores de cada uno de estos parámetros se obtendrán al resolver las siguientes relaciones:

Fórmula 13

$$e = \frac{\text{Ln } (Q_0 / Q_1)}{\text{Ln } (P_0 / P_1)}$$

Fórmula 14

$$a = \frac{Q_0}{P_0^e}$$

Tal como se indicó en la sección 6.1.2 el beneficio social bruto por familia (BSB_{res}) se calculará con las siguientes fórmulas:

Fórmula 15 : Para e distinto de -1

$$BSB_{res} = P_0 Q_0 + e \frac{Q^{(1+e)/e} - Q_0^{(1+e)/e}}{(1+e) a^{1/e}}$$

Fórmula 16: Para e igual a -1

$$BSB_{res} = P_0 Q_0 + e (\ln Q_1 - \ln Q_0)$$

Para establecer los beneficios brutos totales (BSB_{res}) en cada período, se deberá multiplicar el beneficio bruto por familia por el número de familias beneficiadas.

Cabe recordar que los beneficios desde el segundo año y hasta el final del período de evaluación, deberán ser calculados considerando que los consumos de las situaciones sin y con proyecto experimentan un crecimiento debido exclusivamente al crecimiento de la población.

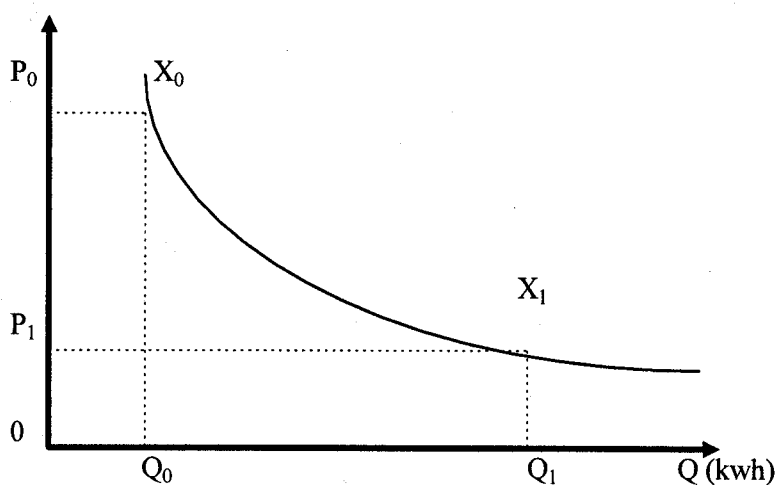
EJEMPLO 7

La información obtenida para la localidad de Cerro Alto, en las situaciones sin y con proyecto, nos entregan los siguientes valores:

$P_0 =$	2,059	US\$/kwh
$Q_0 =$	9,764	kwh/familia/mes
$P_1 =$	0,250	US\$/kwh
$Q_1 =$	33,5	kwh/familia/mes

Esta información se puede graficar en forma similar a la figura 1

P (US\$ /kwh)



Utilizando los valores mostrados en esta figura, podemos calcular a través de las fórmulas 13 y 14 los valores correspondientes a las constantes "a" y "e".

$$a = 14,89$$

$$e = -0,58$$

Una vez obtenidos P_0 , Q_0 , P_1 , Q_1 , a y e , podemos estimar ocupando la ecuación 15 ($e \neq -1$), el beneficio social bruto para una familia.

Beneficio social bruto para una familia/mes	:	US\$ 36,62
Beneficio social bruto (BSB _{res}) / año 1	:	US\$ 21.972 (36,62 * 50 familias * 12)
Beneficio social bruto (BSB _{res}) / año 30	:	US\$ 39.019 (36,62 * 89 familias * 12)

b) Actividades Productivas

El impacto de los proyectos de electrificación rural va más allá del aumento en la calidad de vida de las personas que son provistas de energía eléctrica en sus hogares, ya que afecta también a un gran número de actividades que se desarrollan al interior de la comunidad.

Las actividades productivas, al ser consideradas como unidades consumidoras en un proyecto de esta naturaleza, pueden constituir una de las principales fuentes de beneficios para los habitantes de una zona. La experiencia indica que la introducción de energía eléctrica en los procesos productivos, incluso en aquellos de pequeña escala y/o artesanales, mejora notablemente la productividad y muchas veces tiene un impacto significativo en los costos de producción, provocando un ahorro de recursos que eleva la situación económica de los productores.

Para mostrar en forma clara la cuantificación de beneficios derivados de la energía eléctrica en las actividades productivas, distinguiremos separadamente dos situaciones, que están en directa relación con los dos beneficios identificados, es decir, liberación de recursos y aumentos en productividad.

Liberación de recursos

Se reportarán beneficios asociados a la liberación de recursos, en aquellas unidades productivas en que exista un sistema alternativo que provea de energía en la situación sin proyecto. En este caso, se adoptará el supuesto que la cantidad producida y el precio de venta del producto final se mantienen constantes (el productor es muy pequeño para afectar el precio).

Los beneficios brutos por cambiar desde un sistema alternativo a energía eléctrica, BSB_{ir} , estarán dados por todos los ahorros de costos que implica dejar de operar el sistema alternativo por un período equivalente al de la evaluación del proyecto, ya que el productor al contar con un suministro de menor costo ya no incurrirá en gastos que implica mantener funcionando el sistema alternativo.

En la medición de los beneficios brutos por liberación de recursos, se deberá tener en cuenta que el proyecto reemplazará al sistema alternativo, por lo que no se incurrirá en las inversiones en reemplazar equipos que ya hayan cumplido su vida útil, ni en sus costos de operación y mantenimiento anuales. Además habrá un beneficio proveniente de la venta del sistema alternativo en los inicios del proyecto.

Por lo tanto, el beneficio bruto por ahorro o liberación de recursos (BSB_{ir}) será:

Fórmula 17

$$BSB_{ir} = BSB_{(1)ir} + BSB_{(2)ir} + BSB_{(3)ir}$$

Donde:

$BSB_{(1)ir}$: beneficio social bruto por no incurrir en inversiones de reemplazo del equipo alternativo. Se deberá calcular el monto de dichas inversiones en [US\$/equipo].

$BSB_{(2)ir}$: beneficio social bruto anual, por ahorro de costos de operación y mantenimiento del equipo alternativo. Se debe reportar el costo anual de operación y mantenimiento del sistema alternativo en [US\$/equipo/año].

$BSB_{(3)ir}$: beneficio social bruto por la venta actualizado del equipo alternativo. Se deberá reportar el valor residual de actual sistema alternativo en [US\$/equipo].

Debe recalarse que el único beneficio anual es $BSB_{(2)ir}$, debiendo considerarse los otros tipos de beneficios sólo en los períodos en que efectivamente se realizan.

El método de medición de liberación de recursos será utilizado en todos los sectores en donde exista un sistema alternativo de generación de energía, por lo tanto, la medición de esta clase de beneficios, puede aplicarse en centros de tipo comunitario, postas, escuelas, etc. y dicha medición deberá realizarse de acuerdo al tratamiento metodológico mostrado en esta sección.

Aumento de productividad

Los aumentos en producción debidos a la introducción de energía eléctrica serán considerados en los beneficios brutos del proyecto. Este aumento puede provenir de una mejora en los rendimientos, adopción de nuevas tecnologías, etc. Para una mejor identificación de los beneficios asumiremos que no existe un

sistema alternativo y por lo tanto, la implementación del proyecto incidirá fundamentalmente en un aumento en la producción lograda.

Por lo tanto el beneficio bruto se calculará de la siguiente forma:

Fórmula 18

$$BSB_{ap} = \sum_{c=1}^C (Produc_{con\ proy.} - Produc_{sin.\ proy.})_c * Precio\ Produc_c$$

Donde:

- BSB_{ap} : beneficio social bruto, en [US\$/año].
 $(Produc_{con\ proy.})_c$: producción del producto c con proyecto, en [unidades/año].
 $(Produc_{sin\ proy.})_c$: producción del producto c sin proyecto, en [unidades/año].
 $Precio\ Produc_c$: precio del producto c, en [\$/unidad].

El beneficio social bruto anual total, será el beneficio antes calculado, sumado para todos los productos potenciales debido al proyecto de electrificación. Por simplicidad, se utilizarán precios medios históricos para cada producto, los cuales deben fundamentarse con estadísticas confiables, al igual que los niveles de producción con y sin proyecto.

Nota: En aquellos casos en que exista un sistema alternativo proveedor de energía y además se logren aumentos de producción, deberán reportarse los beneficios de ambos eventos, es decir por liberación de recursos para la antigua cantidad producida ($Prod_{sin\ proy.}$), y beneficios por aumentos de producción (adicional) de la forma que se indica en "aumentos de productividad". El beneficio bruto total será la suma de ambos.

EJEMPLO 8

En la localidad de Cerro Alto existen tres hectáreas dedicadas al cultivo de papas. El rendimiento de una hectárea (ha) en la situación sin proyecto (riego no optimizado) es 150 quintales métricos (qm). La papa se cosecha y cultiva una vez al año.

Al implementarse el proyecto, se sabe que el rendimiento (al comparar con otras zonas) subirá a 200 qm/ ha. Por otro lado el precio del qm de papa, es estable y se ha registrado un valor de US\$ 1.000 /qm.

Por lo tanto, los beneficios sociales brutos por actividades productivas son:

Producción_{con proy.} - Producción_{sin proy.} = 150 qm (600 qm - 450 qm) al año.

BSBap = 150.000 (US\$ 1.000 * 150 qm) al año.

6.3 Cuantificación de costos

6.3.1 Costos privados

Los costos privados se refieren a los desembolsos que deben efectuar las empresas, cooperativas o instituciones que proporcionarán el suministro eléctrico. En general, estos costos pueden separarse en inversión, operación y mantención.

Los costos de inversión corresponden a los recursos usados en la ejecución del proyecto e incluyen, en el caso de la extensión de la red, desde la conexión al sistema eléctrico que provee la energía, hasta las instalaciones domiciliarias, es decir, consideran los transformadores, interruptores, fusibles, líneas, obras civiles, empalmes y otros. Para los proyectos de energías no convencionales, se considera: las obras civiles, estructuras soportantes, equipos de captación de las energías renovables, protecciones, líneas de distribución, transformadores y empalmes (Ver Anexo 1).

Por su parte, los costos de operación y mantención de la empresa, consideran las compras de energía y potencia, la administración, capacitación a los usuarios (energías no convencionales) y todos aquellos costos involucrados en mantener la provisión de energía eléctrica en la zona atendida. La contabilización de los costos privados se hará a precios de mercado.

EJEMPLO 9

En el caso de Cerro Alto, el costo en que incurrirá “Luz Ltda.” por implementar, operar y mantener el sistema que se detalla a continuación (resumen de costos):

Inversión:

Red instalada	:	US\$ 70.000
Transformadores	:	US\$ 25.000
Aranceles de importación	:	US\$ 9.500
Total Inversión Privada	:	US\$ 104.500

La mitad del valor total de la inversión privada (US\$ 52.250) representa equipos e instalaciones, que según el régimen tributario, vigente, están afectos a depreciación, es decir la pérdida de valor por desgaste y deterioro de ellos, puede ser contabilizada como gasto para descontar impuestos. La tasa de impuesto a las utilidades (T) de las empresas es 10% en este ejemplo.

Costos de Operación y Mantenimiento:

Estos se aproximarán a US\$ 0,15 por kwh:

Para el primer año:

Consumo total de la localidad año 1	:	25.500 kwh/año
Costo total de operación y mantenimiento año 1	:	US\$ 3.825 (25.500 * 0,15)

Para el año 30:

Consumo total de la localidad año 30	:	41.094 kwh/año
Costo total de operación y mantenimiento año 30	:	US\$ 6.164 (41.094 * 0,15)

6.3.2 Costos sociales

Los costos sociales relevantes están constituidos por los costos privados, identificados en la sección 7.2.1, medidos a precios sociales, es decir, sin considerar impuestos o aranceles y corrigiendo toda distorsión que exista entre el precio privado y social¹³. A estos últimos se agregarán los costos de las actividades productivas (distintos del pago por electricidad).

¹³

Las distorsiones entre el precio privado y el precio social, además de los impuestos pueden estar explicadas por distorsiones en el mercado, que impliquen que el costo de un recurso para la sociedad sea distinto que el valor que se paga en el mercado. Por lo tanto, si es posible obtener factores que corrijan los precios privados para transformarlos a su valor social, deberemos aplicarlos para conocer el verdadero valor social de los recursos utilizados en el proyecto. En el caso utilizado como ejemplo, estamos suponiendo que tales distorsiones no existen.

EJEMPLO 10

Los costos sociales serán la suma de $CP + CS_{ap}^*$, los primeros es decir los CP, fueron mostrados en el ejemplo anterior, sólo habrá que restar a la inversión los aranceles (transferencia desde un punto de vista social). Por su parte, los costos de actividades productivas distintos del pago de electricidad, estarán constituidos por las inversiones realizadas para implementar el sistema eléctrico, más los costos de operación y mantención representados por el costo de la producción. Resumiendo:

Inversión Social:

Inversión Agente privado	:	US\$ 95.000 (inversión privada menos aranceles)
Inversión Actividades Productivas	:	US\$ 3.000 (costo de motor eléctrico para el bombeo)
Total Inversión Social	:	US\$ 98.000

Los costos de operación y mantención del agente privado son los mostrados en el ejemplo 6.6, es decir, US\$ 0,15 por kwh consumido.

Los costos de producción de actividades productivas CS_{ap}^* , se calcularán como el costo unitario del producto multiplicado por las unidades producidas adicionales (debido al proyecto). Para este caso el costo unitario por qm de papa es US\$ 800 y la producción adicional es 150 qm. Así, los costos por este concepto serán US\$ 120.000 en cada año de vida útil del proyecto.

6.4 Evaluación

La evaluación de los proyectos de electrificación rural, se efectuará a través del criterio costo - beneficio. Este criterio nos indica que si los beneficios son mayores que los costos durante toda la vida útil del proyecto, será conveniente ejecutarlo. En caso contrario, el proyecto restaría bienestar y por lo tanto, no resulta conveniente llevarlo a cabo.

Sin embargo, la aplicación de este criterio enfrenta un problema, ya que como los beneficios y costos suceden en distintos momentos en el tiempo, no son comparables. Por lo tanto, no podemos realizar una suma directa para determinar si el resultado es positivo o negativo y en base a ello adoptar una decisión en torno a la ejecución del proyecto.

La no comparabilidad entre los flujos que se producen en distintos momentos, se basa en que la valoración o valor de un monto de dinero es menor mientras más alejada del presente se considere su obtención, es

decir, 1US\$ hoy vale más que 1US\$ mañana. En términos económicos, podemos explicar esta situación por el “costo de oportunidad del dinero”. Así podemos demostrar que US\$ 100 de hoy no son comparables a US\$ 100 de un año más, en otras palabras, un agente no es indiferente a tener los US\$ 100 hoy a un año después. Si este agente tuviese los US\$ 100 hoy, podría depositarlos en el banco a una tasa de interés $r = 10\%$. Pasado un año, este individuo podría retirar su depósito del banco por un valor de US\$ 110 ($US\$100 * (1+r)$). La tasa de interés r representa el costo de oportunidad de los recursos utilizados y debe reflejar la rentabilidad de la mejor alternativa que se tiene de utilizar dichos recursos, dicha tasa de rentabilidad la llamaremos “tasa de descuento”. De esta forma, en el ejemplo descrito con una tasa de descuento $r = 10\%$, US\$ 100 de hoy serán comparables a US\$ 110 de un año después.

Alternativamente podemos actualizar los US\$ 110 de un año más, a valor de hoy o valor actual (VA), resultando US\$ 100 ($US\$ 110 / (1 + r)$). Por lo tanto, el valor actual de US\$ 110 de un año más es US\$ 100.

Generalizando, podemos obtener el valor actual (valor de hoy) de un flujo futuro, a través de la siguiente relación:

Fórmula 19

$$VA = \frac{VF}{(1 + r)^i}$$

Donde:

VA	:	Valor actual (US\$).
VF	:	Valor Futuro en el año i (US\$).
r	:	Tasa de descuento (%) anual.
i	:	año i .

Utilizando este procedimiento, podemos actualizar los beneficios y costos que origine el proyecto para cada uno de los años de su vida útil, obteniendo el valor actual neto VAN (beneficios menos costos actualizados) del proyecto. La fórmula del VAN es la siguiente:

Fórmula 20

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + r)^i}$$

Donde:

B_i	:	Beneficio en el año t (US\$).
C_i	:	Costo en el año t (US\$).
r	:	Tasa de descuento (%).
n	:	Ultimo año de vida útil del proyecto.

Si VAN del proyecto es positivo será conveniente invertir en él, si su valor es negativo el proyecto no se debe realizar¹⁴. Como sabemos la evaluación de un proyecto, se puede realizar desde una perspectiva privada y también social. Por lo tanto, para un proyecto existen cuatro posibilidades del resultado de ambas evaluaciones.

- **VAN privado positivo y VAN social positivo**

En este caso el proyecto resulta beneficioso para el inversionista privado, logrando aumentar su riqueza, y a la vez el proyecto agrega bienestar a la sociedad en su conjunto. Por ello, en general, este tipo de proyectos serán ejecutados en forma natural por los inversionistas privados, sin que el Estado tenga intervención. Este el caso de muchos proyectos de electrificación en zonas urbanas, donde el número de usuarios es lo suficientemente alto para justificar la inversión de un agente privado y, además, el proyecto beneficia a la comunidad por sobre los costos que genera.

- **VAN privado positivo y VAN social negativo**

El proyecto aumenta la riqueza del inversionista privado, pero el balance de beneficios y costos sociales es negativo, por lo que se transforma en una iniciativa no conveniente desde un punto de vista social. En estos

¹⁴ Si el valor del VAN de un proyecto es cero, el inversionista será indiferente entre realizarlo o no, ya que, el proyecto tendrá una rentabilidad exactamente igual a la de su mejor alternativa (tasa de descuento). Asumiremos que si se cumple que el VAN es cero agente invertirá en el proyecto.

casos, existen “externalidades” o distorsiones o costos que provoca el proyecto, que no son internalizados o pagados por el inversionista privado pero si por la sociedad. En estos casos el Estado intenta desincentivar su realización, a través de normas, impuestos, mecanismos de mitigación y otras herramientas que intentan que el proyecto no se realice o se internalicen los costos generados al resto de la sociedad. Un ejemplo de este tipo de proyectos, son aquellas actividades productivas altamente contaminantes que pueden ser rentables para quién las emprende, pero generan costos a otros miembros de la sociedad.

- **VAN privado negativo y VAN social negativo**

Estos proyectos no serán promovidos ni por los inversionistas privados ni por la sociedad, ya que su realización, en ambos casos, empeoraría el bienestar de los involucrados.

- **VAN privado negativo y VAN social positivo**

Este tipo de proyectos no genera incentivos para ser emprendidos por los inversionistas privados, pero su realización mejorará el bienestar social neto. En muchos de estos casos el Estado, como representante de la sociedad, emplea recursos en su ejecución, a través de incentivos directos, como son los subsidios, dando alguna franquicia a quien los ejecute. Este caso es el más representativo de los proyectos de electrificación rural, los cuales, como resultado del bajo nivel de consumo involucrado, no alcanzan a compensar la inversión que debe efectuar un agente privado para suministrar la electricidad. Es aquí, donde muchas veces el Estado interviene a través de subsidios que logran incentivar la realización de los proyectos. Uno de estos mecanismos es entregar un subsidio a la empresa servidora, por un monto tal, que haga que el VAN privado sea cero, lo que posibilitará que dicho agente se motive a invertir.

6.4.1 Evaluación privada

La evaluación privada se efectuará calculando el VAN privado del proyecto. Para ello, debemos considerar todos los beneficios y costos que se han identificado y calculado anteriormente y actualizarlos con la tasa de descuento pertinente para el inversionista privado. Esta tasa debe reflejar el costo alternativo o rentabilidad que podría lograr en su mejor opción de negocios.

La expresión que define el valor actual neto privado es la siguiente:

Fórmula 21

$$VAN_p = -I_p + \frac{Vrn}{(1 + I_p)^n} + \sum_{i=1}^n \frac{(B_{pi} - C_{pi})}{(1 + I_p)^i}$$

Donde :

- B_{pi} : Beneficio privado en el año i.
 C_{pi} : Costo privado en el año i.
 I_p : Inversión privada (año 0 , momento que se inicia el proyecto).
 Vr_n : Valor residual del proyecto. (último año)¹⁵.
 r_p : tasa de descuento privada.

Si el VAN privado es positivo, los beneficios (actualizados) serán mayores que los costos (actualizados) y, por lo tanto, el proyecto agrega riqueza al individuo y él lo llevará a cabo¹⁶. Es muy importante destacar que la decisión acerca de la conveniencia del proyecto se tomará considerando sólo beneficios (ingresos) y costos privados que genera el proyecto, sin embargo, muchas veces se realiza la evaluación financiera del proyecto en donde se incluyen los efectos de la tributación y del esquema de financiamiento que se utilice para el proyecto. En el siguiente ejemplo, se construye el flujo de caja neto o beneficio neto, considerando los efectos de la tributación para la empresa.

¹⁵ El valor residual del proyecto indica el ingreso que podríamos recibir por la venta (a precio de mercado) del proyecto en el último año de evaluación.

¹⁶ Para obtener el flujo neto del proyecto en la evaluación privada, debemos considerar todos los efectos de la tributación en la riqueza del inversionista. De esta forma, en el caso que la legislación tributaria permita considerar como gastos de operación la depreciación que sufren los equipos e instalaciones, debemos sumar como gasto el monto de depreciación anual considerada. Con el valor resultante se calculará el impuesto a las utilidades que debe pagar el agente y restarlo de sus ganancias. Sin embargo la depreciación no es un desembolso real que deba pagar el inversionista por lo que una vez calculado el impuesto relevante, deberemos agregar la depreciación al flujo de ingresos y costos relevantes para la evaluación. (ver ejemplo 4).

EJEMPLO 11

La evaluación que hará "Luz Ltda.", se realizará utilizando la ecuación 21 mostrada anteriormente. Para ello debemos considerar para cada uno de los años, la información de beneficios (ingresos) y costos recolectada en las secciones anteriores. El resumen de la información para los 30 años que dura y se evalúa el proyecto se resume en la Tabla 1.

Supondremos adicionalmente:

- El valor residual del proyecto es cero
 - La tasa de descuento relevante para "Luz Ltda." es 10% ($r_p = 10\%$)
 - La depreciación es contante (lineal) en los 30 años de evaluación y los equipos se deprecian totalmente (valor residual cero).
- Depreciación anual = US\$ 1.742 (US\$ 52.250 / 30)

El VAN privado resulta al actualizar con una tasa de 10%, los valores presentados en la columna Flujo Neto (FN), este deberá ser calculado para cada año, partiendo del año cero (momento actual), hasta el período n (último año del proyecto):

Nota: La inversión se considera en el año cero (inicio del proyecto)

FN	=	Flujo Neto del proyecto
BP	=	Beneficios privados o ingresos
IP	=	Inversión privada
COMP	=	Costos de operación y mantención privados (anuales)
Dep	=	Monto de depreciación anual considerada
T	=	Tasa de impuesto a las utilidades de las empresas.

Para el caso considerado, la empresa "Luz Ltda." obtiene un VAN = US\$ - 78.011, por lo que no se verá incentivada a suministrar energía eléctrica en la localidad de Cerro Alto. Si la evaluación social fuera positiva y el Estado tuviese como política subsidiar al inversionista para realizar el proyecto el Subsidio sería por un monto equivalente al VAN negativo del agente privado.

Tabla 1

Año	Inversión (1) US\$	Ingresos (2) US\$	Costos (3) US\$	Depreciación (4) US\$	Utilidad antes de impuesto (6)=(2)+(3)+(4) US\$	Impuesto (6)=(5)*10 % US\$	Utilidad después de Impuesto (7)=(5)-(6) US\$	Depreciación (8) = (4) US\$	Flujo Neto (9) US\$
0	-104.500								-104.500
1		6.375	-3.825	-1.742	808	-81	728	1.742	2.469
2		6.476	-3.885	-1.742	849	-85	764	1.742	2.505
3		6.578	-3.947	-1.742	890	-89	801	1.742	2.542
4		6.683	-4.010	-1.742	931	-93	838	1.742	2.580
5		6.789	-4.074	-1.742	974	-97	877	1.742	2.618
6		6.898	-4.139	-1.742	1.018	-102	916	1.742	2.657
7		7.009	-4.205	-1.742	1.062	-106	956	1.742	2.697
8		7.122	-4.273	-1.742	1.107	-111	996	1.742	2.738
9		7.238	-4.343	-1.742	1.153	-115	1.038	1.742	2.780
10		7.355	-4.413	-1.742	1.200	-120	1.080	1.742	2.822
11		7.475	-4.485	-1.742	1.249	-125	1.124	1.742	2.865
12		7.598	-4.559	-1.742	1.298	-130	1.168	1.742	2.909
13		7.723	-4.634	-1.742	1.347	-135	1.213	1.742	2.954
14		7.850	-4.710	-1.742	1.398	-140	1.259	1.742	3.000
15		7.980	-4.788	-1.742	1.450	-145	1.305	1.742	3.047
16		8.113	-4.868	-1.742	1.504	-150	1.353	1.742	3.095
17		8.248	-4.949	-1.742	1.558	-156	1.402	1.742	3.144
18		8.386	-5.032	-1.742	1.613	-161	1.452	1.742	3.193
19		8.527	-5.116	-1.742	1.669	-167	1.502	1.742	3.244
20		8.670	-5.202	-1.742	1.727	-173	1.554	1.742	3.296
21		8.817	-5.290	-1.742	1.785	-179	1.607	1.742	3.348
22		8.966	-5.380	-1.742	1.845	-184	1.660	1.742	3.402
23		9.119	-5.471	-1.742	1.906	-191	1.715	1.742	3.457
24		9.274	-5.564	-1.742	1.968	-197	1.771	1.742	3.513
25		9.432	-5.659	-1.742	2.031	-203	1.828	1.742	3.570
26		9.594	-5.756	-1.742	2.096	-210	1.886	1.742	3.628
27		9.759	-5.855	-1.742	2.162	-216	1.946	1.742	3.687
28		9.927	-5.956	-1.742	2.229	-223	2.006	1.742	3.748
29		10.099	-6.059	-1.742	2.298	-230	2.068	1.742	3.810
30		10.274	-6.164	-1.742	2.368	-237	2.131	1.742	3.873

VAN privado (10%) = - US\$ 78.011

6.4.2 Evaluación social

Mediremos el beneficio social neto de la ejecución del proyecto como la suma actualizada, de los beneficios menos los costos (VAN social). La tasa de descuento pertinente para actualizar los flujos sociales será “la tasa social de descuento”. Esta tasa representa el costo de oportunidad de los fondos invertidos por la sociedad. La expresión que define el VAN social es la siguiente:

Fórmula 22

$$VAN_s = I_s + \sum_{i=1}^n \frac{B_s B_i - C_{si}}{(1 + r_s)^i} + \frac{Vrn}{(1 + r_s)^n}$$

Donde:

- VANs : VAN social del proyecto.
- n : número de años utilizados en la evaluación. Horizonte de evaluación¹⁷.
- I_s : inversión social, inversión privada corregida a precios sociales.
- BSB : beneficios sociales brutos. Estos serán la suma de todos los beneficios identificados. Empresa proveedora, consumidores residenciales, actividades productivas y centros de tipo comunitario.
- CS : serán los costos sociales identificados para cada uno de los participantes del proyecto.
- r_s : es la tasa social de descuento.
- Vrn : Valor residual de las inversiones en el último período.

Si el VANs es positivo, el proyecto agrega bienestar a la comunidad y por lo tanto deberá ser ejecutado. En caso contrario, nos indica que la alternativa propuesta no es la más conveniente desde un punto de vista social.

¹⁷ El horizonte de evaluación corresponde al período definido para el cual se hará la evaluación del proyecto. Para su determinación se deben tomar en cuenta, la vida económica del proyecto, la vida útil de equipos y/o infraestructura y el nivel de certidumbre de las proyecciones. El horizonte de evaluación no debe superar la vida útil técnica del proyecto, en su conjunto. Si el horizonte de evaluación utilizado es menor que la vida útil económica del proyecto, entonces corresponderá estimar el valor residual al término de dicho período.

EJEMPLO 12

El VAN social del proyecto de electrificación en Cerro Alto se calculará a través de la fórmula 17. Por su parte, el flujo neto (para cada año) que será actualizado a la tasa social de descuento (12%, para este ejemplo) se define como:

$$BSN = BSB - CS$$

donde:

BSN	:	Beneficio social neto
BSB	:	Beneficio social bruto total ($BSB_{res} + BSB_{ap}$)
CS	:	Costo social ($CP + C_{ap} *$)

Utilizando los supuestos adoptados para la localidad de Cerro Alto tendremos:

VAN Social = US\$ 315.240

Por lo tanto el proyecto es rentable desde un punto de vista social.

La tabla 2 resume los flujos de la evaluación social para cada año de evaluación del proyecto.

Tabla 2

Año	BSB _{res} (1) US\$	BSB _{ap} (2) US\$	CP (3) US\$	C _{ap} * (4) US\$	BSN (5)=(1)+(2)+(3)+(4) US\$
0			-95.000	-3.000	-98.000
1	21.972	150.000	-3.825	-120.000	48.147
2	22.411	150.000	-3.885	-120.000	48.526
3	22.860	150.000	-3.947	-120.000	48.913
4	23.317	150.000	-4.010	-120.000	49.307
5	23.783	150.000	-4.074	-120.000	49.710
6	24.259	150.000	-4.139	-120.000	50.120
7	24.744	150.000	-4.205	-120.000	50.539
8	25.239	150.000	-4.273	-120.000	50.966
9	25.744	150.000	-4.343	-120.000	51.401
10	26.259	150.000	-4.413	-120.000	51.845
11	26.784	150.000	-4.485	-120.000	52.298
12	27.319	150.000	-4.559	-120.000	52.761
13	27.866	150.000	-4.634	-120.000	53.232
14	28.423	150.000	-4.710	-120.000	53.713
15	28.992	150.000	-4.788	-120.000	54.203
16	29.571	150.000	-4.868	-120.000	54.704
17	30.163	150.000	-4.949	-120.000	55.214
18	30.766	150.000	-5.032	-120.000	55.734
19	31.381	150.000	-5.116	-120.000	56.265
20	32.009	150.000	-5.202	-120.000	56.807
21	32.649	150.000	-5.290	-120.000	57.359
22	33.302	150.000	-5.380	-120.000	57.922
23	33.968	150.000	-5.471	-120.000	58.497
24	34.648	150.000	-5.564	-120.000	59.083
25	35.341	150.000	-5.659	-120.000	59.681
26	36.047	150.000	-5.756	-120.000	60.291
27	36.768	150.000	-5.855	-120.000	60.913
28	37.504	150.000	-5.956	-120.000	61.547
29	38.254	150.000	-6.059	-120.000	62.195
30	39.019	150.000	-6.164	-120.000	62.855

Van Social (12%) = US\$ 315.240

6.5 Selección de alternativas

Una vez evaluadas todas las alternativas seleccionadas como factibles de implementar (preseleccionadas) se deberá elegir aquella que presente la mayor rentabilidad social, es decir, la de mayor VAN social.

Sin embargo pueden existir otros criterios para seleccionar proyectos, cuando todos ellos presenten una rentabilidad social positiva. Estos se pueden utilizar, no sólo para elegir entre alternativas técnicas distintas para dotar de energía a una localidad, sino también (con restricción presupuestaria) entre proyectos de diferentes localidades.

Algunos de estos criterios adicionales al de mayor rentabilidad social (mayor VAN social) son: menor monto de subsidio solicitado, menor valor de costos actualizados, menor costo de instalación de cada kwh, costo de generación para cada Kwh, menor costo por beneficiario o mayor VAN ($\text{VAN social} / \text{Inversión}$)

6.6 Otras consideraciones

Es importante tener en cuenta que los indicadores de rentabilidad se obtienen considerando los beneficios y costos que pueden ser cuantificados. Es decir, si algunos beneficios y costos no pudieran calcularse, no significa que deban descartarse del análisis y al menos deberán ser mencionados.

Otro punto de fundamental importancia es que cada proyecto deberá tener un análisis de sensibilidad frente a cambios de variables relevantes, de modo de determinar de qué manera varía la rentabilidad del proyecto frente a estos cambios. Las variables que al menos deben sensibilizarse son los consumos de energía eléctrica, la inversión y la tarifa del servicio. Fruto de este análisis, se tendrá una nueva ordenación de los proyectos y se determinará asimismo cuáles son más estables ante cambios en sus variables.

ANEXO 1

Costos de inversión de las alternativas de proyectos

Se detallan a continuación los principales ítem de inversión, correspondientes a cada una de las alternativas que fueron descritas en el capítulo V. Con ello se pretende facilitar la cuantificación del costo de inversión, que será fundamental en la etapa de evaluación del proyecto.

Estos costos corresponden a todos aquellos en los cuales debe incurrirse generalmente al inicio del proyecto. Se deben considerar la adquisición de los elementos o equipos y la contratación de servicios necesarios para implementar la solución.

- Extensión de redes

En este caso, el sistema generador ya existe, por lo que el desafío principal es la ubicación del punto óptimo de conexión. El objetivo es transmitir la energía hasta la localidad y posteriormente distribuirla a la población.

- Grupos generadores convencionales

Para la implementación de esta alternativa, se requiere de una instalación donde resida el grupo motor generador y una red de distribución de electricidad en alta y/o baja tensión hacia los hogares.

Principales ítem de inversión

Sistema de transmisión: se extiende desde el punto de conexión al sistema centralizado hasta el punto predefinido para la distribución correspondiente. Generalmente esta transmisión es en alta tensión (12000 o 23000 Volts).
• Postes de alta tensión, para soportar el cableado respectivo.
• Líneas de alta tensión, considerando transmisión trifásica.
Sistema de transformación: recinto donde llegan las líneas de alta tensión y se transforma a baja tensión para distribuir a los hogares (110 o 220 Volts).
• Recinto para instalaciones
• Subestaciones, transformadores para bajar la tensión (algunas de las siguientes). - Subestaciones 1.5 kva - Subestaciones 3.0 kva - Subestaciones 5.0 kva - Subestaciones 10 kva - Subestaciones 15 kva
Sistema de distribución: en líneas generales, es el mismo para cualquier alternativa que separe la generación de la distribución en los hogares.
• Postes para baja tensión, para el tendido de cables.
• Líneas de baja tensión, según la distancia y el número de hogares.
• Empalmes e instalaciones interiores, considera medidores, fusibles e interruptores.

Principales ítem de inversión

Terreno: lugar donde se emplazará el generador, se deberá considerar:
• Recinto para instalación de equipos i) casa de máquinas (debe ir separado del siguiente por el ruido) ii) sala de comandos iii) sitio de instalación de equipos
• Estacionamiento para vehículos y zona de descarga
• Oficina y recinto de guardia
• Taller de conservación mecánica, eléctrica
• Bodega
Equipos principales: Son aquellos que posibilitarán la conversión de energía mecánica en energía eléctrica.
• Estanques de almacenamiento de combustibles.
• Bombas para recibir y transferir el combustible.
• Centrifugadora de combustible (purificadora)
• Motor
• Generador
• Transformador de poder, necesario cuando los consumos están muy dispersos (más de 800 m.) por la caída del voltaje.
Equipos secundarios y red de distribución
• Malla de tierra
• Patio de alta tensión, cuando existen transformadores de voltaje
• Sistema de válvulas
• Tableros de interruptores de protección
• Cableado de alta tensión
• Cableado de baja tensión
• Postes
• Empalmes, considera las instalaciones en los hogares, fusibles, medidores, interruptores y otros.

Generadores Fotovoltaicos

Este sistema se puede diferenciar del anterior porque se podría realizar la instalación de un sistema generador en cada hogar (o eventualmente una instalación por comunidad), por lo que se detallan los ítemes de inversión para un hogar tipo. Para obtener el costo total deberá multiplicarse el costo de inversión unitario por hogar por número total de hogares y agregar otros puntos de conexión que puedan existir en la localidad (escuelas, consultorios, etc.).

Principales ítem de Inversión

Sistema captor conversor: Encargado de recibir los rayos solares para convertir a electricidad.
• Panel fotovoltaico, con un número de celdas de acuerdo a la potencia que sea requerida y al recurso solar aprovechable.
• Estructura soportante, generalmente de madera, ubicable en el techo de la casa o en un sistema de postes.
Sistema de acumulación: Su objetivo es acumular la energía producida que no es consumida inmediatamente y utilizarla en períodos de baja insolación.
• Batería: almacena la energía producida.
• Regulador: evita la sobrecarga o descarga de la batería.
Sistema de distribución: Permite el traslado de la corriente al interior de los hogares.
• Fusible, para cortar el paso de corriente en caso de falla o cortocircuito.
• Cableado, para corriente continua, debe distinguir polaridades.
• Inversores, para convertir la corriente continua en corriente alterna.

Microcentrales hidroeléctricas

Este método también consiste en un sistema generador único y una red de distribución de la energía producida. La diferencia es que la inversión que se contempla es bastante intensiva en ingeniería y obras civiles aparte de los equipos necesarios.

Principales ítem de inversión

Preinversión: Corresponde a los antecedentes que deben recolectarse para investigar la continuidad del abastecimiento del recurso hídrico, la cuantificación y especificaciones de las obras civiles correspondientes ¹⁸ .
• Estudios hidrológicos, antecedentes del cauce fluvial aprovechable.
• Diseños de ingeniería, cálculo de requerimientos de material, especificaciones de equipos y movimientos de tierra.
Obras Civiles: Construcción e instalaciones necesarias para desviar el cauce y aprovechar la energía.
• Captación: bocatoma que desvía parte del caudal hacia el estanque de carga.
• Desarenador: obra para decantar las impurezas gruesas que arrastra la corriente.
• Instalaciones para casa de máquinas, generalmente bajo el nivel normal de superficie.
• Construcción de oficinas y caseta de guardia.
Equipos Principales: Necesarios para el aprovechamiento del recurso hídrico y la conversión correspondiente.
• Tubería de carga, tubería de conducción desde el estanque de carga hasta el inyector, incluye accesorios y válvulas de control de flujo y seguridad.
• Estanque de carga, desde el que sea alimenta a la tubería de carga.
• Turbina: recoge la energía hídrica y la convierte en mecánica.
• Generador: convierte la energía mecánica en eléctrica.
• Panel de control eléctrico, para regular el sistema.
Sistema de distribución:
• Postes para líneas de baja tensión.
• Líneas de baja tensión.
• Empalmes, instalaciones interiores, medidor, fusibles e interruptores.

Generadores eólicos

Este método aprovecha la fuerza del viento para transformarlo en electricidad y a pesar de que puede diseñarse como un método de solución por hogar, se hace más factible como solución a través de una central eolétrica o granja eólica, que considere la distribución correspondiente. Esto porque el recurso

¹⁸ De acuerdo al nivel de estudio planteado para este tipo de proyectos, se contempla para esta alternativa recoger estos antecedentes y no efectuarlos, salvo los diseños específicos para las obras contempladas. (Los antecedentes hidrográficos pueden ser obtenidos de las instituciones de riego de la región o el país.) Si el proyecto se está evaluando una vez hecho los estudios, este costo no deberá incluirse en la inversión

eólico puede ser distinto en cada punto y por tanto, en alguno de estos puntos puede ser más abundante y aprovechable.

Principales ítem de inversión

Aerogenerador: es el sistema de captación de la energía eólica y de conversión a energía eléctrica
• Rotor eólico: sistema de aspas que recoge la energía del viento.
• Sistema de orientación: encargado de direccionar el rotor en el sentido de mayor aprovechamiento eólico.
• Sistema de protección: evita daños por vientos de alta velocidad.
• Torre soportante: estructura (generalmente de madera que permite ubicar el rotor a la altura óptima para aprovechar los vientos
Sistema de Almacenamiento: acumuladores que permiten almacenar la energía que se caracteriza por un comportamiento intermitente.
• Baterías: se necesita un banco de baterías adecuado para almacenar la energía producida
• Unidad de Control: componente electrónico que regula la carga entregada a las baterías.
Sistema de Distribución
• Cableado
• Postes
• Empalmes

DIRECCION DE PROYECTOS Y PROGRAMACION DE INVERSIONES

INDICE

Resumen

Prólogo

Introducción

1. Antecedentes generales

- 1.1. Ruralidad y equidad en la Región
- 1.2. La electrificación en Latinoamérica y el Caribe

2. Aspectos generales de la evaluación de proyectos

- 2.1. Importancia de la identificación, preparación y evaluación de proyectos de electrificación rural
- 2.2. Ciclo de vida de los proyectos

3. Identificación del proyecto

- 3.1. Criterios para la identificación de proyectos de electrificación rural

4. Diagnóstico de la situación actual

- 4.1. Definición del área de estudio
- 4.2. Area de influencia del proyecto
- 4.3. Análisis de demanda

5. Estudio de alternativas de solución

- 5.1. Clasificación de las alternativas
- 5.2. Preselección de alternativas

6. Evaluación del proyecto

- 6.1. Marco teórico
- 6.2. Cuantificación de beneficios
- 6.3. Cuantificación de costos
- 6.4. Evaluación
- 6.5. Selección de alternativas
- 6.6. Otras consideraciones

Bibliografía

Anexo 1: Costos de inversión de las alternativas de proyectos